

# LWIS Laqua Wastewater Irrigation System

## Vegetationsfilter

I ett modernt kretsloppssamhälle med återbruk av naturtillgångar är rening med vegetationsfilter / markväxsystem (MV) ett alltmer intressant alternativ till konventionell reningsteknik. Tekniken utnyttjar naturens inbyggda naturliga fysikalisk-kemisk-biologiska.

### Processens aktiva delar är :

- Markpartiklar som filtrerar avloppsvattnets fasta beståndsdelar och som genom absorption, jonbyte eller utfällning fångar upp en stor del av de lösta ämnena.
- Mikro- och makroorganismer som bryter ner och omformar avloppsvattnets organiska ämnen till jordförbättrande humusämnen samt omformar avloppsvattens kväveinnehåll .
- Energiskogsgrödan som tar upp näringsämnen samtidigt som avloppsvattenvolymen genom vattenomsättning reduceras.

### Bakgrund

Dagens avloppsvatten innehåller årligen ca 40 000 ton kväve vilket motsvarar 1/3 av lantbrukets totala behov. Lantbrukets kvävebehov täcks idag till stor del med konstgödning. Delar av detta behov är fullt möjligt att ersätta med avloppsvatten. P.g.a. rädslan att tungmetaller och andra svårnedbrytbara organiska föreningar i avloppsvattnet ska finna vägen till vår föda har det ännu inte vunnit allmän acceptans att bevattna humangrödor med avloppsvatten. Därför är det i dagsläget grödor för bioenergiproduktion som kan vara aktuella. Ur denna grupp kan urskiljas biobränslen såsom salix och rörflen.

### Vegetation

Samhällets strävan mot ökat utnyttjande av förnyelsebara råvaror har bidragit till byggandet av biobränslepannor eldade med torv, skogsflis, salixflis mm. För lantbruket har detta ökande behov av biobränslen medfört att en ny gröda har börjat att odlas, nämligen salix. Salixen är en specialgröda (ett snabbväxande pilträd) och utgör idag tillsammans med skogsflis råvara till framför allt värmekraftverk, fjärrvärme mm. Salixodling kan jämföras med att odla en kommersiell gröda vilken behöver tillsyn, gödning och skördning med jämna mellanrum. Genom stimulans med etableringsstöd samt genom att salix är en godkänd trädesgröda kan den vara intressant att odla för lantbruket. Marknaden för flis är väl etablerad och åkermarksodlad salix kan konkurrera med skogsflis. Genom hårt driven mekanisering har produktions-kostnaderna reducerats avsevärt.

Salixen avverkas vart 3:e-4:e år och ger upp till 15ton ts /år. Det mest lämpligt geografiska läget för anläggningen är i södra eller mellersta Sverige medan man i landets allra nordligaste delar får välja en annan energigröda. Nämnas kan att bevattning av befintlig granskog pågår vid SLU Vindeln.

Avkastningen per ha salix har hittills visat stor spridning, förmodligen beroende på att sämre jordar används men också på dålig skötsel. Exempel på motsatsen finns också där produktionen ligger så högt som på 12-20 tonTs /år.

Utvecklingen med förädling av salix bedrivs intensivt och Svalöv-Weibull har de senaste 10 åren tagit fram nya högproducerande, sjukdomshärdiga kloner (sorter) och arbete bedrivs för att få fram mer frosttåliga, för odling norr om Dalälven.

Förutom salix, vilken det finns mycket kunskap om vad gäller odling och näringsupptag, kan i princip alla växter ingå i ett vegetationsfilter, om avloppsbelastning justeras till växtens näringsupptag och vattenbalans.

Vid hög produktion av salix krävs insats av bland annat gödning. Av totala produktion kostnaden av salixflis utgör gödningskostnaden så mycket som 15-20%. Att använda avloppsvatten är tilltalande då näringsinnehållet motsvarar salixens behov samt tillför vatten. Resursen avloppsvatten i form av kväve, fosfor och kalium utnyttjas i dag inte mer än till en bråkdel.

Salixfält kan också utnyttjas för spridning av oavvattnat reningsverksslam, där slammet lagras i dammar och under våren körs ut i närbelägna fält, eventuellt kompletterad med en dekantering, där det näringsrika dekantatet sprids med ett LWIS system på närliggande salixfält.

Praktiska försök med avloppsbevattning genomförs bl.a. på Svalövs Kommuns reningsverk i Kågeröd. Försöken har pågått sedan 1992 och redovisas i rapport 1998 <sup>(Hasselgren, K 1998)</sup>.

Försöken har visat på en reduktion av fosfor, kväve, kalium och BOD<sub>7</sub> på 85-95% med en bevattningsskiva på 0-12mm/ dygn under 180 dagar/år.

### **Ekonomi för salixodling**

Kostnaden för etablering av salix på brukad jordbruksmark i södra Sverige är ca 8-10 000:-/ha <sup>(Skånska Lantmännen Energi AB)</sup> vilket inkluderar markbehandling, ogräsbekämpning, plantering samt salixsticklingar.

På mark i träda eller annan mark tillkommer kostnader för ytterligare ogräsbekämpning och markbearbetning. Satsning på ökad salixodling kan ge etableringsstöd, för närvarande ca 5 000:-/ha <sup>(1998)</sup> för etablering av salix på uttagen trädesmark.

### **Bevattningssystem**

Spridningssystemen, som används för avloppsbevattning, skiljer sig från normal lantbruksbevattning. Faktorer att ta hänsyn till är bl.a. följande

- Aerosolfritt system med små smittspridningsrisker
- Jämn fördelning av bevattningstvatten
- Lokalt anpassningsbart
- Energisnålt
- Driftsäkert / små underhållskrav
- Skördemaskinerna ska fritt kunna passera utan demontering av systemet.
- Integrerbart med övriga VA-system

### **Val av bevattningssystem**

På marknaden finns idag en mängd spridningssystem för lantbruksbevattning. De flesta är direkt olämpliga pga av aerosol synpunkt. Visserligen har hygienstudier inte visat på vektor spridning men ur arbetsskyddssynpunkt är de direkt olämpliga.

Laqua Treatment AB har utvecklat **LWIS Lauqa Waste Irrigation System** vilket möter kraven ovan. LWIS är ett koncept baserat på rotzonsbevattning och tekniken som används är kontrollerad flodning kombinerad med översilning.

Konceptet utnyttjar känd teknik, standardkomponenter och är lätta att bygga. Genom en standardisering med moduler (ca 0,8-1,4 ha stort bevattningsområde) kan små såväl som stora anläggningar enkelt projekteras. Samtidigt ger standardiseringen lågt underhåll och underlättar framtida utbyggnad där nya moduler efterhand efter behov *dockas* mot den gamla anläggningen.

### Styrssystem

Med kombinationen robust enkel utrustning och avancerad datorstyrd bevattning nås :

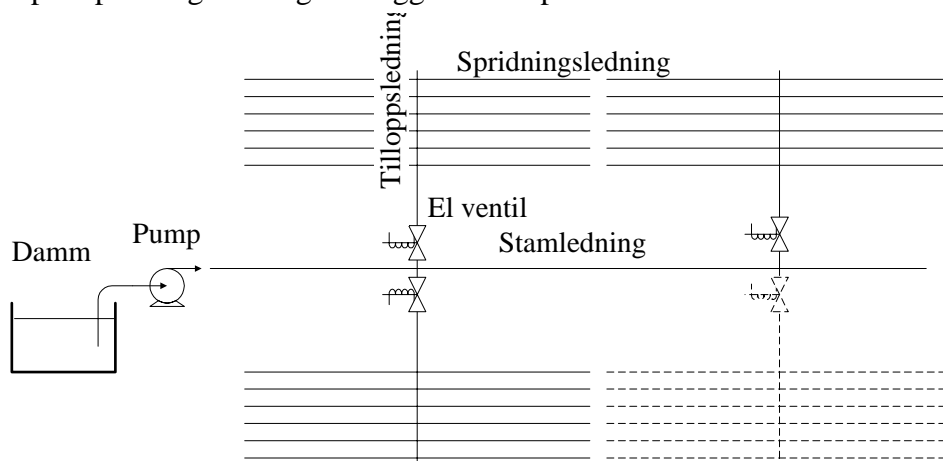
- säker drift
- optimerad tillväxt med maximal näringsupptagning
- låga drift- och underhållskostnader.

Spridning av avloppsvatten förutsätter ett säkerställande av vart vattnet tar vägen för att förhindra näringsläckage /övergödning. Detta ställer höga krav på bevattningsteknik och kan lösas genom styrning vilken tar hänsyn till topografi, jordtyp, avdunstning, avloppsvattnets kvalitet samt yttre nederbörd. Systemet bör även ge underlag för utvärdering och uppföljning.

Ett avancerat styrssystem uppfyller dessa krav samt kan hantera funktionsövervakningen för en säker drift. Systemet kan även generera underlag för ett behovsanpassat driftunderhåll samt underlag för rapportering.

### Utförande

Från reningsverket pumpas avloppsvattnet genom en ev. nergrävd transportledning till salixfältet. Transportledningen kan förse ett eller flera fält med avloppsvatten samtidigt. Till transportledningen är ansluten en stamledning under / bredvid salixfältet. På denna ledning är elstyrda ventiler monterade, en för varje modul. Modulen består av en tillloppsledning (nergrävd) och på båda sidor finns 12 st spridningsledningar med borrarade hål täckta med en gul utsläppskåpa. Spridningsledningarna ligger direkt på marken.



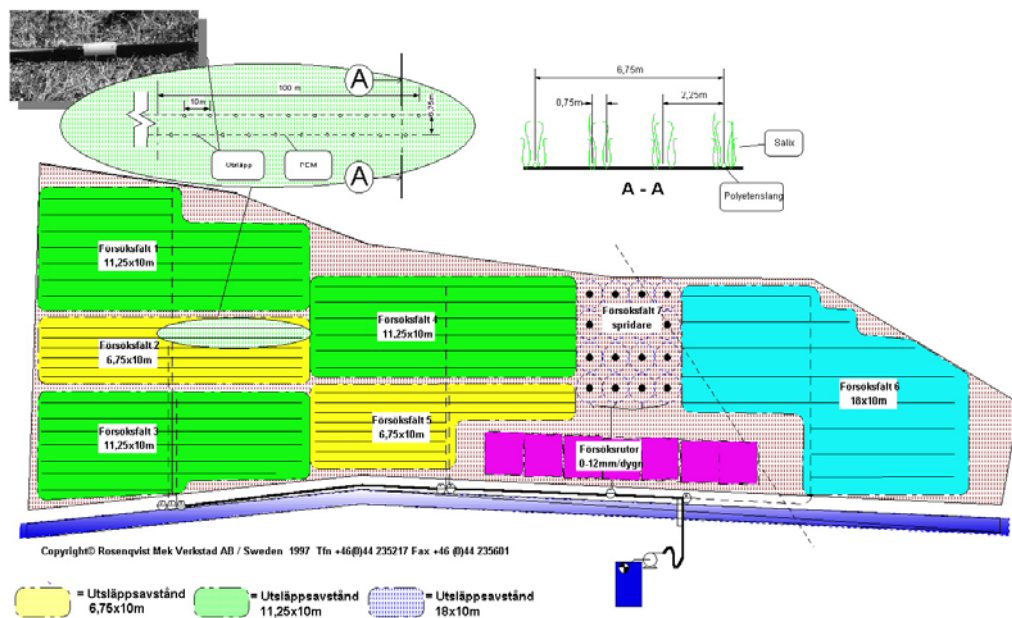
Figur 1 Principschema LWIS

Genom att flöda ut avloppsvatten i marknivå minimeras aerosolbildning, luktproblem samt smittrisk.

Avståndet mellan spridningsledningarna kan göras relativt stora, genom att man utnyttjar jordens horisontella vattentransport samt flodning av vatten på ytan där kupering finnes. Salix har stor kapacitet att skjuta rötter ca 10m eller mer och kommer att söka sig till vattnet och näringen. Försök genomförda i Laholm (Elowson S, 1995) visar att stora variationer i bevattningsgivor med konventionell flodningsteknik inte ger läckage till grundvatten. Salix har dessutom dokumenterat stor kapacitet att tåla överbevattning (3000mm/år) medan brist på vatten däremot hämmar tillväxten.



Figur 2 Utsläppshål täckt med kåpa

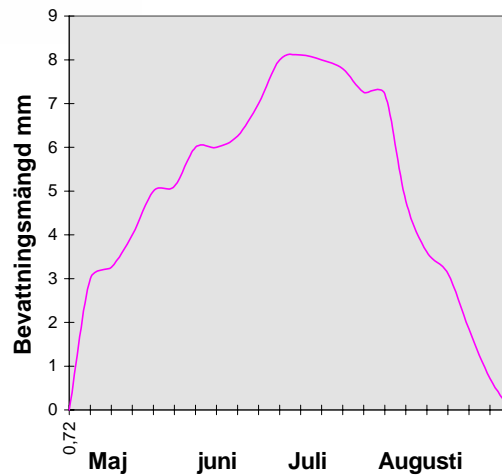


Kågeröd reningsverk Svalövs Kommun, 13ha bio bevattning

### Bevattningsmängder

Försök i Kågeröd indikerar att lämplig giva avloppsvatten för en optimerad tillväxt bör vara ca 6mm/dygn<sup>Hasselgren, K 1998</sup> utöver normal nederbörd. Givor upp till 12mm/dygn har inte gett något större läckage till grundvatten (reducering på ca 87-95 %). Provytan har då mer eller mindre stått under vatten.

Bevattningen bör följa salixens vegetationsperiod. Bevattningsperioden börjar normalt i maj månad och avslutas under september - oktober beroende på lokalisering i Sverige. Särskilt under periodens slutskede bör kväveinnehållet minskas för att undvika frostsador. Under torra och varma perioder kan bevattningsgivan ökas till 7-10mm/dygn.



Exempel på bevattningsgivor med avloppsvatten

### Ekonomi för bevattningssystem

Kostnaden för en utbyggd bevattningsanläggning är beroende av en rad faktorer. Investeringskostnaden i utrustning utgör enbart en del av den totala livslängdskostnaden. Driftkostnaden i form av energiförbrukning och underhållstimmar är lätt att undervärdera och negligera i en projektering/upphandling. Då normalt pumpkostnaden är en stor del av driftkostnaden är det en god idé att se på olika alternativa lösningar för att optimera drift/ investeringskostnaden. På samma sätt kan en del manuell driftövervakning ersättas med mjukvara/ fjärrövervakning samt genom val av fältspridningssystem med långa serviceintervaller. I idealfallet behövs service enbart i samband med avverkning vart 3:e till 4:e år.

Kostnaderna kan uppskattas till ca 600 000kr<sup>(Laqua Treatment AB / 10ha)</sup>. Kostnaden inkluderar pump och elinstallation, kortare stamledning, spridningssystem samt enklare styrsystem.

Förstudie rekommenderas där lokala hänsyn samt en optimering av drift/ investering vägs in. Genom de projekt, som har genomförts i framförallt Sverige inom avlopps-/ lakvatten bevattning, finns en betydande erfarenhet/ kunskap inom branschen idag.

### Lagring av bevattningsvatten

Investeringskostnaden för lagring av bevattningsvatten är relativt hög men också mycket beroende på lokala förutsättningar. Däremot är underhållskostnaden låg och livslängden i de flesta fall lång.

### Byggnad av lagringsdammar

Vid projektering av avloppsbevattningsdammar bör en rad villkor uppfyllas. Lokalisering bör ske med hänsyn till hygieniska-, geologiska- och topografiska faktorer samt i närhet till reningsverk, alternativt salixfält.

Ur hygieniska skäl bör lokaliseringen inte ske i direkt anslutning till bebyggelse.

Geologin kan väsentligt fördyra byggande i de fall lämpliga tätningsskikt, tät lera, saknas och måste transporteras dit eller ersättas med folie, till en kostnad av ca 25-45:-/m<sup>2</sup>.



Kan topografin utnyttjas minskas schaktning av jordmassor ( kostnad ca 30:-/m<sup>3</sup> jord ).  
Normalt byggs en damm genom att en grop grävs och bortschaktade jordmassor används till dammvallar runt gropan, varvid varje bortschaktad m<sup>3</sup> ger ett antal m<sup>3</sup> lagringsvolym.

Då det i många fall krävs relativt stora lagringsvolymerna är ytan som dammen upptar stor och kan vara svår att finna/placera. Konflikt kan föreligga i de fall då åkermark behöver tas i anspråk för dammbyggnation. Då byggande av dammar är tillståndspliktig bör samråd med tillståndsmyndighet tagas under förstudie/ projektering.

### **Ekonomi för lagring av bevattningsvatten**

En inventering av ca 20st byggda dammar för jordbruksbevattning 1998 visar på en kostnad på ca 15-25:-/m<sup>3</sup> vatten ( Lantbruksenheten Skåne Län ). Lakvattendamm med tät foliebotten kostar 30-35:-/m<sup>3</sup> vatten ( Skanska ). Bevattningsdamm kan ligga på så låg kostnad som 6:-/m<sup>3</sup> vatten då topografin och geologin varit extremt gynnsamma.

Acceptans av läckage eller inte från en damm är beroende på om den är fylld med bevattningsvatten eller renat avloppsvatten. I det senare fallet kan avloppsvattnet innehålla patogener. Risk finns att de når grundvatten. Detta kan komma att fördyra dammarna, vilket gör att kostnaden kan variera från 15-35:-/m<sup>3</sup> vatten och gör kostnadsberäkning av dammar generellt svårbedömd.

I de fall lagringsvolymerna är små, vilket t.ex. gäller rejektvatten ( tex från avvattning slam) alternativ om utjämningsdammar eller lämpliga ytor saknas, kan en behållare av betong vara en lösning. Dessa är utrymmessålar och kan i allmänhet placeras inom reningsverksområdet. Flera fabrikat finns på marknaden och dessa levereras i form av en byggsats där en bottenplatta gjuts på plats och resterande delar kommer i bitar. Kostnaden är beroende på lagringsvolym och varierar mellan 197:-/m<sup>3</sup> vatten för 500m<sup>3</sup> och 105:-/m<sup>3</sup> vatten för 3000m<sup>3</sup> ( Lantbruksenheten Skåne Län ).

## **Dimensionering av vegetationsfilter**

Ambitionen bör vara att tillfört vatten och näring långsiktigt skall vara i balans med upptag och bortförsel av avverkad stamved. Via genomförda studier kan upptaget beräknas idag med relativt god säkerhet. En osäkerhetsfaktor utgör dock perioder med stor nederbörd. Vid nederbörd ökar normalt mängden avloppsvatten samtidigt som möjlig bevattning på salixfältet minskar. En viss säkerhetsmarginal bör finnas inbyggd genom att enbart en del av en tänkbar hydraulisk belastning utnyttjas. Studier i Kågeröd <sup>(Hasselgren, K 1998)</sup> visar inte på några drastiskt förhöjda näringsläckage när provytan belastades med bevattning 12mm/dygn. Beaktas bör att marken i Kågeröd består av relativt styv jord. Vid lätta jordar bör hänsyn tas att marken vid dimensionering av den hydrauliska belastningen. Parallella studier på en anläggning i Bromölla med snarlika förutsättningar bekräftar resultaten i Kågeröd.

Några huvudfaktorer är begränsande vid dimensionering av vegetationsfilter.

### **Fosfor.**

Fosforupptaget i stamveden är ca 0.9- 1,2 g/kg TS. Vid en teoretisk skörd av 12 ton TS skulle upptaget i stamveden vara ca 14kg/ ha / år. Förutom upplagring av fosfor i stamveden sker en betydande upplagring i rötter och blad. Ytterligare tillförd fosfor kommer att bindas i

markprofilen. Om detta fortgår finns risk för urlakning där fosfor läcker till grundvatten. Naturvårdsverket föreskriver i SNFS 1998:4 begränsningar av fosfor spridning genom avloppsslam med 22kg P<sup>total</sup> /ha /år för största andelen åkermark och 35kg för övriga. Dessa värden är kanske inte tillämpliga för vegetationsfilter men indikerar att spridning av fosfor ska ske med försiktighet. Därför bör tillförsel och bortförsel analyseras och balanseras för att långsiktigt förhindra näringsläckage.

### **Kväve**

Kväveupptaget i stamveden ligger på ca 75kg / ha /år. Lika mycket bedöms recirkulera i bladmassan. Förutom detta upptag bedöms lika mycket eller mer avgå genom denitrifikation. Studier har visat på en denitrifikation på 0-90% av påförd giva. Kvävgasavgången har uppmätts till 0,7-2.0kg N/ha dygn vid normalgödsblad, bevattnad grönsaksodling. En bevattning med 130 -200kg N/ha bedöms kunna utföras långsiktigt utan risk för högre läckage än normal jordbruksmark (ca 20kg/ha år). Genom utnyttjande av avancerad bevattningsteknik kan gynnsamma anaerob / aerobförhållande skapas för upprätthållande av en hög denitrifikation.

### **Vatten**

Renings effektiviteten är beroende av att växten har tillräckligt med markvätska för att inte torka ut och för att göra näringen lätttröglig. Bevattningsförsök i Kågeröd visar på en optimering vid tillförsel av bevattningsvatten på ca 6mm/dygn. Växttranspirationen under en högsommardag beräknas till ca 6-7mm och under för och eftersommaren till ca hälften. Under perioder med mycket nederbörd och under torra varma perioder kan bevattningsbehovet variera från 0-10mm / dygn. Hänsyn måste också tas till jordens vattenhållande förmåga. Det kan vara nödvändigt att kontinuerligt mäta vatteninnehållet i marken och låta denna styra tillförseln av vatten. I södra Sverige kan antas att bevattningssäsongen är totalt 180-200 dygn, med högt vattenbehov (6mm/dygn) under 90 dygn och lågt (3,5mm/dygn) under resterande period. Nederbörden uppskattas till ca 2mm/dygn med reservation för geografiska och säsongsvariationer. Perioder utan nederbörd kan lokalt vara 3-6 veckor, med stora geografiska variationer.

**Följande anses ej under normala förhållanden vara begränsande.**

### **Kalium.**

Kalium intar en särställning och är begränsande enbart vid bristsituation. Upptaget i stamveden ligger på ca 35kg/ ha /år. Ett överskott av kalium och därmed läckage till grundvattnet anses ej utgöra något hot.

### **Mikronäringsämnen.**

Dessa anses finnas i tillräcklig mängd i avloppsvattnet/marken.

### **Tungmetaller**

Vissa kloner av salix har mångdubbel förmåga att ta upp tungmetaller. Detta kan i vissa situationer vara positivt och torde utnyttjas vid t.ex. sanering av mark. Då krävs speciell rökgasrening av den tungmetallhaltiga stamveden vid förbränning för att förhindra spridning via rökgaserna. Dock bör naturvårdsverket rekommendationer för spridning av avloppsslam följas.

### Upptagna näringsmängder

Med utgångspunkt från förväntad tillväxt i ton TS/ha /år och hänsyn till geografiskt läge samt salixklon (art) erhålls förväntad mängd näring som binds i stamveden. I en avloppsvattengödslad salix-odling i södra Sverige förväntas en tillväxt på 12-15ton TS /ha /år avverkningsbar stamved.

### Riktvärden: näringsbehov/ ha och år

Riktvärden för näringsbehov vid avloppsbevattning med en förväntad årlig produktion av 12-15 ton<sub>TS</sub> stamved salix i södra Sverige.

	12TON <sub>TS</sub> /HA	15TON <sub>TS</sub> /HA
Fosfor	12 kg/ha	16kg/ha
Kväve	120-200kg/ ha	120-200kg/ ha
Vatten	6 000-10 000m <sup>3</sup> /ha	6 000-10 000m <sup>3</sup> /ha

Beroende på näringsinnehållet av fosfor och kväve samt mängden avloppsvatten kommer någon av dessa parametrar att vara begränsande och styra behovet av salixytor.

- **I ett biologiskt renat avloppsvatten kommer normalt fosforinnehållet att vara tillväxtbegränsande.**
- **I ett fosforrenat avloppsvatten är kvävet normalt begränsande (ca halva ytan mot ovan).**
- **Mängden avloppsvatten är normalt inte gränssättande.**

I en tillämpning där behovet främst är att reducera kväve passar vegetationsfiltertekniken väl in. Sådana fall är aktuella vid de reningsverk som inte uppfyller existerande eller kommande krav på kvävereduktion.

I ett kommersiellt reningsverk kan genom justering av processen innehållet på det utgående avloppsvattnet till viss del styras/ optimeras. Generellt gäller att ju mer tekniskt invecklad processen är desto känsligare är den och desto mer övervakning av tekniskt kunnig driftspersonal krävs.

Vegetationsfilter är mindre drifttekniskt krävande och en mer tolerant teknik. Vegetationsfilter ska ses som ett reningssteg i reningsverkets process och inte särbehandlas även om odlingen kräver specialkompetens. Tillsyn av salix, kan skötas t.ex. av en lantbrukare med kunskap av salixodling alternativt genom vidareutbildning /anställning av personal.

#### *Optimering av vegetationsfilteryta*

Ambitionen bör vara att tillgodose energiskogens behov av näring och reningsverkets kvävereducering med minimal pumpad volym avloppsvatten.

Anledningarna är följande:



- **En stor del av driftkostnaden ligger i elkraft till pump 15-30%.**
- **Perioder med hög nederbörd måste bemästras**
- **En hög driftsäkerhet måste säkerställas**

Ett idealiskt utgångsläge skulle vara att förfoga över ett koncentrat av näring och därefter balansera näring/bevattnings givan med naturlig nederbörd alternativt ett mindre näringshaltigt avloppsvatten t.ex. ett delvis renat avloppsvatten. Då vattentillgången inte är begränsande för växten, under regnperioder tillförs då enbart avloppsvatten med högt kväveinnehåll.

Praktisk drift har visat på problem med att under nederbördsperioder få ut erforderliga volymer. I vissa fall har fälten under, sådana perioder vissa tider stått under vatten med avloppsvatten med risk för ytavrinning, särskilt om terrängen varit kuperad. Samtidigt är inkommande volymer till reningsverket hög. När lagringsmöjligheterna är uttömda tvingas orenat avloppsvattnet bräddas. Att då urskilja och lagra ett koncentrerad kvävevatten skulle till viss del minska bräddad mängd kväve.

## Rejektvatten

I många reningsverk kan ett näringskoncentrat återfinnas i det rejektivatten som uppstår vid avvattning av rötat våtslam. Detta rejektivatten kan innehålla stora mängder kväve, 500-1500mg N-tot/l<sup>(1)</sup>. Normalt återförs rejektivattnet och blandas med inkommande avloppsvatten och internbelastar reningsverket i vissa fall avsevärt ur kvävesynpunkt.

Att lagra detta näringshaltiga rejektivatten skulle spara stora lagringsvolymer samt vara mycket kostnadseffektivt vid jämförelse med att lagra ett utgående avloppsvatten. Vid tidigare beräkningar av långtidslagring av utgående avloppsvatten, 15mg/N-tot, har investeringskostnaderna för en damm uppskattats till 80-150:-/m<sup>3</sup> eller 530-1000:-/kg N. Motsvarande kostnader för rejektivatten med ett innehåll av 1000mg N-tot/l är 60 gånger lägre eller 9-17:-/kg N. Det kan dock av utrymmesskäl vara svårt att finna lämpliga ytor för en stor damm nära avloppsverket, utan kan bli aktuellt med pumpning av avloppsvattnet långa sträckor.

## Avloppsvatten med hög kvävehalt

Till viss del går avloppsreningsverks processen att styra för att därigenom påverka kvävehalten för att få ett avloppsvatten anpassat till bevattning. Reningsverk med biobädd har normalt en låg reduktion av kväve och ett dylikt utgående avloppsvatten kan vara ett bra bevattningsvatten med hög kvävehalt, 30mg/l N-tot eller högre.

## FoU

Flera studer på bevattning av avloppsvatten i energiskog Salix pågår eller har avslutats.

Tex:

VA-Fors Rapport 1999.5 Bevattning av energiskog med biologiskt behandlat avloppsvatten

Fair- projekt Biomass Short Rotation Willow Coppice Irrigated And Fertilised With  
Municipal Wastwater

Kontaktman Stig Larsson Svalöv Weibul 0418 667213

Hygienstudier ang bevattning med avloppsvatten samarbeten med Smittskydds institutet ,  
Kågeröd, Brommölla, Åskorp .

Kontaktman Kenth Hasselgren Sveco 040 167243

Spatial Distributio of biomas Productivity in unevently wastewater-irrigated willow  
plantations.

Kontaktman Per Aronsson SLU/ Lto 018 672567