

# Utformning av lokalt avloppssystem för Bysjöstrands Ekoby i Ludvika kommun

## 1. Inledning

Bysjöstrand Ekoby i Grangärde är vid full utbyggnad beräknad till att ha en maximal genomsnittlig veckobelastning (mgv) på 200 pe. Utifrån detta har områdets avloppsreningsystem dimensionerats och utformats för att hantera en möjlig högsta last på 200 personekvivalenter (pe). Utbygganden av området påbörjas under 2021 och under perioden 2022-2025 kommer inte mer än upp till 50 pe bo i området.

Anslutning till kommunalt dricksvatten kommer ske, men ekobyplanerarna planerar för att inte ha någon anslutning till kommunalt avloppsnät. Det finns en stark önskan att istället omhänderta avloppet genom lokal rening. Några syften med detta är att därigenom kunna återföra näringsämnen till det lokala odlingskretsloppet och på sikt även ha möjligheten att återanvända vattnet. Ytterligare motiv utvecklas i ekobyföreningens PM i April 2020<sup>1</sup>.

Dimensioneringen av avloppssystemet i ekobyplanerarna behöver från start ta höjd för att kunna hantera ett scenario med full utbyggnad av området. Samtidigt bör systemet inte överdimensioneras om en full utbyggnad dröjer eller aldrig blir av eller om exploateringsnivån (antal boende) blir lägre än vad som eftersträvas. Det innebär att reningsanläggningen behöver hantera ett spann mellan uppskattningsvis 20 pe till 200 pe och måste kunna skalas upp stegvis (se 3.4).

## 2. Om detta dokument

Denna beskrivning har utarbetats av Bysjöstrands temagrupp för områdets avloppssystem. Gruppen består av Marie Janus (styrelsen) och Erik Berg (konsult, projektstöd till styrelsen). Input från sakkunniga har inhämtats från Clara Hermansson (Alnarp Clean Water), Stefan Bydén (Melica / Again), Zsafia Ganrot (Melica / Again), Anders Welen

---

<sup>1</sup> Utformningen av lokala lösningar för vattenrening och vattenförsörjning i Bysjöstrands ekoby' (PM April 2020)

(Aquatron), Stanislaw Lazarek (Carex), Torkel Andersson (Carex) och Olof Petterffy (Ramböll).

Beskrivningen ska läsas tillsammans med den samlade Systembilden som redovisar reningsanläggningens schematiska design och dimensionering (**bilaga 1**).

## 3. Förutsättningar och bakgrund

### 3.1 TILLGÄNGLIGA YTOR

I detaljplanen för Bysjöstrand har en yta reserverats på fastigheten Saxhyttan 4:489 för funktioner relaterade till vatten- och avloppsrening, näringsåtervinning, odling med mera - "Kretsloppskvarteret". Fastigheten och den planlagda ytan omfattar totalt 1740 kvm.

Mellan bebyggelsen med Kretsloppskvarteret och Bysjön finns en låglänt och lite sumpig strandskog med karaktären av igenvuxen hagmark. Enligt områdets skötselplan<sup>2</sup> skall den öppna hagmarkskaraktären här återställas och utsikten från området ner mot sjön ska öppnas upp. Runt de sankta partierna gynnas klibbal och lågväxande viden.

Skötselplanen identifierar även möjligheten att i detta område anlägga en skogsträdgård, ett naturnära odlingssystem med skogens mångfald som förebild.

Avståndet från kvartersmarkens gräns till sjön är cirka 70 meter.

### 3.2 MARKFÖRHÅLLANDEN

Utgående från SGU:s översiktliga kartering av markens genomsläpplighet kan vi konstatera att området i stort har en låg genomsläpplighet och därmed en dålig infiltrationskapacitet, för markinfiltration av restflöden.

Något bättre infiltrationsförhållanden, med medelhög genomsläpplighet, finns troligen i området närmast riksvägen, där det är mer morän, samt på den lilla skogshöjden mellan byn och sjön. Här är dock jorddjupet inte så stort.

Någon fördjupad geohydrologisk markutredning har inte gjorts, utöver den översiktliga karteringen.

---

<sup>2</sup> Skötselplan för grönområden inom Bysjöstrands ekoby, Per Skoog, 2020-02-20

### 3.3 TILLÄMPLIGA REGELVERK FÖR AVLOPPSSYSTEM I DENNA SKALA

I dagsläget finns det inget specifikt regelverk som är tillämpligt för avloppssystem mellan 25 pe och 200 pe. Havs- och vattenmyndighetens författningssamling *HVMFS 2016:17* gäller enbart för reningsverk för behandling av hushållspillvatten från enstaka hushåll och från gemensamhetsanläggningar dimensionerade för upp till 25 pe. Naturvårdsverkets föreskrifter om rening och kontroll av utsläpp av avloppsvatten från tätbebyggelse *NFS 2016:6* innehåller bestämmelser för avloppsreningsanläggning med anslutning större än 200 pe.

Både *HVMFS 2016:17* och *NFS 2016:6* används som vägledning och orientering för utformningen av Bysjöstrands avloppssystem.

Eftersom ekobyrens reningsverk är belägen bredvid Bysjön är det *hög skyddsnivå* som gäller för området. Enligt *HVMFS 2016:17* fordras avloppsanordningen vid hög skyddsnivå att uppnå minst:

Ämne	Uppnådd reningsnivå	Utsläpp per person och dygn*
Organiska ämnen (mätt som BOD <sub>7</sub> eller BOD <sub>5</sub> )	90% reduktion	5 gram / person / dygn
Fosfor (tot-P)	90% reduktion	0,2 gram / person / dygn
Kväve (tot-N)	50% reduktion	7 gram / person / dygn

\*Kan räknas om till utsläpp per person och dygn alternativt till halt

Ett reningssystem som omfattar upp till 200 pe ger upphov till en större punktlast på det lokala ekosystemet jämfört med ett utsläpp från ett hushåll med en enskild anläggning.

### 3.4 FÖRVÄNTAD OCH ANTAGEN BELASTNING

Beräkning av *maximal genomsnittlig veckobelastning* (mgv) och antal personekvivalenter (pe) har gjorts för området vid fullt utbyggt scenario utifrån en sammanvägning av:

1. Den exploateringsgrad och bebyggelsestruktur som redovisas i *Ekobyplanen för Bysjöstrand* (april 2020)
2. Den totala byggrätt (kvadratmeter bruttoarea) som medges i detaljplanen per fastighet, dividerat med den genomsnittliga boytan per person i småhus i Sverige (SCB, 2019).

Detta ger ett spann mellan 100 pe - 220 pe (medeltal: 160 pe).

Vi skattar vidare att det under en fin sommarvecka kan vistas ett antal turister, arbetande och besökare i området, främst med anledning av framtida möjliga verksamheter i *Kulturkvarteret*. Vi uppskattar detta till motsvarande 40 pe. Detta medför att det totala antalet pe i maximal genomsnittlig veckobelastning hamnar på 200 pe.

### 3.5 TIDIGARE GENOMFÖRDA UTREDNINGAR OCH UNDERLAG

Som komplettering till denna rapport ligger dokumentet "*Utformningen av lokala lösningar för vattenrening och vattenförsörjning i Bysjöstrands ekoby*" (PM April 2020) som beskriver Ekobystyrelsens övergripande resonemang och strävan bakom systemval och utformning för det lokala avloppssystemet i Bysjöstrand.

Våren 2020 har **Carex of Sweden** på uppdrag av föreningen utformat ett förslag på lokalt reningssystem som bygger på användning av det biologiska reningsverket TreeWell för att omhänderta samtliga avloppsflöden. Denna lösning finns redovisad i rapporten "*TreeWell systemlösning för avloppet i Bysjöstrand*" (April 2020). Lösningen har i slutändan inte valts då föreningen eftersträvar en näringsåtervinning från avloppsflödet som förutsätter en uppdelning av avloppsfractionerna, men systemet ingår som en del i det system som beskrivs här.

## 4. Systemet ur ett övergripande perspektiv

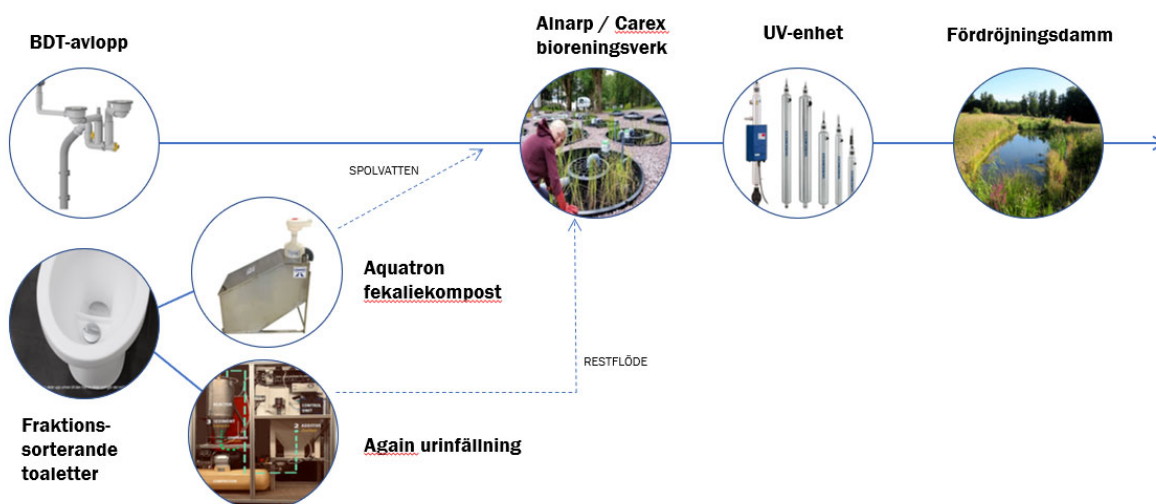
Den övergripande strategin i Bysjöstrands reningssystem är att tillämpa avskiljning och separering av toalettavloppsfractionerna från gråvattnet (BDT). Därigenom uppnås möjligheten till en hygienisk och fullständig näringsåtervinning från toalettvattnet, samtidigt som BDT-flödet får en sammansättning som förenklar behandlingen av denna del. Strategin tillgodoser ekobyns eftersträvar miljövinster samt estetiska och pedagogiska mål för avloppssystemet, som blir överblickbart, tillgängligt och resurseffektivt.

Systemet har fullt utbyggt följande komponenter, funktioner och delsystem:

- I alla hushåll skall **sorterande toaletter** användas.
- Spolvattnet och fekalierna leds till en **Aquatron** som separerar den torrare fraktionen (toapapper och fekalier) från spolvattnet.
- Fekalierna komposteras i ett **multrum** integrerat med Aquatronen. Komposttid, tömningsperiodicitet och mängd jord som fås ut är avhängigt multkammarens storlek och temperaturen i utrymmet där denna är placerad.
- **Spolvattnet** återförs till BDT-flödet.
- Urinen leds till **urintankar** på 20 m<sup>3</sup> styck, som vid behov kan tömmas med tankbil.

- Efter lagring och hygienisering i 60 dagar per tank kan urinen behandlas i **Again** - en innovationsteknik där närsaltinnehållet i urinen binds till mineralet zeolit och fälls ut i torr form.
- Ett mindre **restflöde** från urinprocessen återförs till BDT-flödet.
- BDT-flödet och mindre restflöden från toaletterna leds till en **slamavskiljare** med sil för avskilja svårnedbrytbara ickeorganiska komponenter. Slamavskiljaren dimensioneras för att fungera som **bufferttank** i systemet i händelse av strömavbrott.
- I anslutning till slamavskiljaren bör finnas en **provtagningspunkt**.
- Flödet bräddar över från slamavskiljaren till det **biologiska reningsverket** (Alnarp Clean Water modell "InterAct" eller Carex modell "TW2") som består av parallellkopplade tankar. Upp till sju stycken kan krävas vid maximal utbyggnad av området.
- Utflödet från reningsverket leds vidare till en mindre **fördröjningsbassäng** där sedimentering av fasta partiklar och fosfor sker.
- Dammen utgör också en lämplig **provtagningspunkt**.
- Från dammen sker därefter en bräddning över för passage i jämt flöde genom **UV-lampa** / UV-brunn med fullständig patogendödning.
- Restflödet från hela reningsystemet leds i en **slingrande bäck** och via en **utomhusdamm** ned till recipienten Bysjön.

#### SYSTEMETS HUVUDKOMPONENTER, ÖVERSIKTLIGT:



## 5. Uppnådda reningsnivåer

Utifrån den planerade och här beskrivna systemhelheten uppnås en rening som ger följande beräknade nivåer för utgående restvatten, (reduktionsgrad beräknat på ingående totalvärden i hushållsavloppet):

Ämne	Krav för hög reningsnivå	Uppnådd reningsnivå (beräknad)
Organiska ämnen (mätt som BOD <sub>7</sub> eller BOD <sub>5</sub> )	90% reduktion (5 g/p/dygn)	99% reduktion (0,6 gram / person / dygn)
Fosfor (tot-P)	90% reduktion (0,2 g/p/dygn)	90% reduktion (0,16 gram / person / dygn)
Kväve (tot-N)	50% reduktion (7 g/p/dygn)	75% reduktion (3,43 gram / person / dygn)

Utöver detta skall även förekomsten av smittämnen vara noll vid utloppet.

Beräkningarna av reningsgrader och samlad utsläppsnivå är baserade på uppgifter från leverantörer, verifierade av oberoende provningsinstitut, samt från forsknings- och utredningsmaterial. Beräkning av innehåll i hushållsavloppen baseras på de schabloner som anges i HVMFS 2016:17.

Fullständig beräkning samlad i **Bilaga 2**.

## 6. Urinseparation och -fällning

Det avloppsvatten som lämnar hushållen består i huvudsak av två flöden: toalettavlopp ("svartvatten"), samt bad-disk-tvätt-avlopp (BDT / "gråvatten"). Dessa två flöden har från början olika karaktär och olika innehåll och kan därför också nyttjas för olika saker – om man håller isär dem. Generellt kan man säga att den stora mängden vatten (80%) och organiskt material (BOD) finns i BDT-avloppet medan det främsta näringsinnehållet (85% av kvävet och 85% av fosfor) finns i toalettavloppet.



Genom fraktionssorterande toaletter, det vill säga fekalie- och urinseparering i två olika koppar direkt i toalettstolen uppnås två ting. Dels håller vi nere spolvattenmängderna och den samlade vattenanvändningen, dels möjliggörs en användning av både fekalie- och urinfractionen. Urinen kan efter en tids lagring användas som gödning i samarbete med lantbrukare eller i odlingar - i olika former.

Vid en direkt separation i toalettstolen är urinen redan från början hyfsat steril (dock kan ske viss kontamination av patogener i flödet), den är väl koncentrerad med lite övrig vätska, den innehåller få partiklar och mycket låga halter av tungmetaller.

Vid sidan av den för många ekobyar vanliga lösningen där urinen separeras, långtidslagras i en stor nedgrävd tank som töms och sprids på en åker 2 ggr per år, finns det andra varianter av urinhantering som kan möjliggöra att urinen förädlas vidare till växtnäring i fast form. Fördelen med detta är att det kan underlätta logistik och hygienisk hantering av urin som jordförbättring, i en form som kan vara attraktiv och hanterbar även för privatkonsumenter. Att hantera stora volymer vätska är i jämförelse skrymmande och komplicerat och kan innebära en större energianvändning för transporter och spridning.

Göteborgsföretaget *Again Nutrient Recovery* har utvecklat ett sådant system som sedan några år tillbaka är i drift på Ekocentrum i Göteborg. I detta fallet omhändertas urinens innehåll av kalium, kväve och fosfor som koncentreras till pellets som kan användas som jordförbättring. Bysjöstrands ekobyförening har tillsammans med Again tittat på en möjlig implementering av tekniken anpassad för detta sammanhang.

Från toalettstolen leds urinen via separata ledningar till urintankar i Kretsloppskvarteret, där den lagras i som minst 50 dygn. För att säkra omsättningstiden så bör volymen delas på flera tankar som fylls och töms i omgångar. Vi har dimensionerat två tankar med 20 m<sup>3</sup> volym per tank. 20 m<sup>3</sup> tankvolym ger en lagringstid på 50 dygn (fullt utbyggt område), beräknad volym inkluderar då en liten mängd spolvatten från de snålspolande toaletterna. Här är en etappvis utbyggnad troligtvis inte kostnadseffektivt, istället kommer lagringstiden vara längre när området ännu är mindre exploaterat.

Tankarna placeras så att de vid behov kan tömmas av tankbil och tankvolymen kan även justeras vid projektering för att passa med tankvolymen på tillgängliga tankbilar i kommunen.

## 6.1 FÄLLNING AV NÄRSALTER FRÅN URINEN

Fällningsmedlet zeopeat, baserat på det vanligt förekommande berggrundsmineralet zeolit, tillsätts till urinen i en reaktor, där den får reagera i en halvtimme. Med nuvarande utformning kan en reaktor hantera runt 2 m<sup>3</sup> urin per dygn vilket motsvarar ungefär en veckas inflöde när området är fullt utbyggt.

Därefter leds urinen vidare till en sedimenteringstank. Sedimentet kan sedan blandas med fyra gånger så mycket torv för att bli lämplig odlingsjord alternativt med en mindre mängd organiskt material (t ex kompost från aquatron, hushållskompost eller torv) och pelleteras. Pellets kan lagras med obegränsad hållbarhet och säljas till privatmarknaden om det uppstår ett överskott som inte används i ekobyen. Sett till näringsinnehållet kan man räkna

med att det kommer uppstå ett överskott, som betingar ett värde i form av *kretsloppsproducerad ekologisk jordförbättring*<sup>3</sup>

Agains system är experimentellt och innovativt, men i nuläget beprövat och även exporterat för skarp drift i Bolivia. Systemet befinner sig i frontlinjen för ett globalt dilemma och tillför därmed intressanta värden till avloppssystemet i Bysjöstrand. Men som nämnts ovan behöver urinen även kunna hanteras på traditionell väg genom att tömmas med tankbil, för den händelse att Agains system inte över tid är en tillfredsställande lösning. De främsta riskerna här handlar om systemets ekonomi och förvaltning.

Kvar i processen från urinfällningen blir ett restflöde som innehåller ungefär 50% av det kväve som följde med urinen och omkring 1% av fosfor. Mängden kväve som är kvar i flödet är avhängigt mängden zeopeat som tillsätts. Med 10g zeopeat per 100 ml urin fångas 50% av kvävet. Med 20 g per 100 ml fångas 70% och ännu mer tillsats ger en större fångst. Här är inte nödvändigt att fånga mer än 50% med hänsyn till att det finns en fullgod behandling av detta i nästa steg i reningskedjan. Kalium fångas i samma mängd som kväve (i form av ammonium). Fosfor fångas till 98% om man inte slarvar med sedimentationen.

#### KONTAKTPERSONER AGAIN / MELICA:

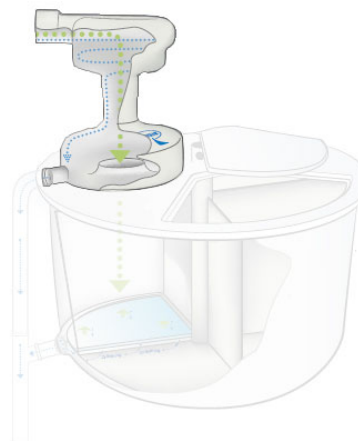
- Stefan Bydén, sakkunnig, miljövetare: [stefan.byden@melica.se](mailto:stefan.byden@melica.se), tel 031-85 71 02 (arb.) och 0706-72 20 80 (mobil)
- Zsofia Ganrot, sakkunnig, doktor i tillämpad miljövetenskap, [zsofia.ganrot@melica.se](mailto:zsofia.ganrot@melica.se), tel 031 857106

## 7. Fekalieseparation och fekaliekompost

Fekaliefractionen leds från toaletterna med spolvatten och toalettpapper till en fekaliekompost där den omvandlas till jord. Ett väletablerat och beprövat system för omhändertagande av fekalier från vattenspolande toaletter på detta vis är den svenska uppfinningen *Aquatron*.

Aquatron består av två delar, en separator och en biokammare.

Den CE-märkta separatoren separerar det fasta avfallet (fekalier och papper) från spolvatten och eventuell urin. Metoden bygger på att utnyttja spolvätskans rörelseenergi, centrifugalkraften och gravitationen för att separera fasta partiklar från vätska. Inga rörliga delar eller



<sup>3</sup> Se Siri Caspersen, Zsofia Ganrot (2018): *Closing the loop on human urine: Plant availability of zeolite-recovered nutrients in a peat-based substrate*. Journal of Environmental management, 211, 177-190.



energiförbrukning krävs, de fasta och torrare delarna trillar ner i en biokammare som tillverkas i olika storlekar och utformning beroende på anläggningens dimensionering (antal anslutna hushåll). Tillsätts kompostmaskar till biokammaren omvandlas den största delen av energi- och näringsinnehållet i fekalierna till spillvärme genom maskarnas metabolism. En mindre del blir till jord. I processen sker en hygienisering. Efterkompostering kan krävas för att uppfylla tillståndskrav. Komposteringstiden påverkas av temperaturen i det utrymme där biokammaren är placerad - ett uppvärmt / isolerat utrymme ger en snabbare kompostprocess.

Vattnet som fört fekalierna till aquatronen har en låg halt av närsalter, men vissa organiska föreningar och även patogener har förorenat vattnet som därför leds vidare till efterbehandling i reningsverk, tillsammans med BDT-vattnet.

Fekaliekomposterna delas mellan 4-5 fastigheter och behöver höjdlingsmässigt lokaliseras så att tillräckligt fall kan säkerställas från alla anslutna toaletter. Det innebär att den behöver vara delvis nedgrävd. En mindre teknikbyggnad på 15-20 kvadratmeter placeras på någon av de anslutna fastigheterna. Teknikbyggnaden kan samtidigt nyttjas för andra funktioner kopplade till kompost och avloppssystem, exv. efterkompostering och pumpstation. Teknikbyggnaderna kan byggas ut etappvis i takt med att området byggs ut.

En aquatronseparator kan enligt tillverkaren erfarenhetsmässigt placeras 50-60 meter från toaletten. En oberoende undersökning av separationseffektiviteten indikerar samtidigt att ett längre avstånd innebär att de fasta fraktionerna löses upp och slås sönder mer under transporten och att därmed en mindre andel hamnar i biokammaren. I synnerhet kan vertikala avloppsrör med hög fallhöjd påverka separationen negativt.<sup>4</sup> I en studie 2001 uppmättes 70% separation av kväve och fosfor i laboratorieförhållanden respektive 60% vid jämförande undersökning av en faktisk installation i ett flerbostadshus med längre rör.<sup>5</sup> Utgående från detta har vi i beräkningar av Aquatronens reningsgrad antagit 60% rening av N och P.

En separering av fekalier med Aquatron har flera fördelar:

- Det minskar belastningen på områdesgemensamma reningsverket och möjliggör därmed en minskad dimensionering av detta.
- Det minskar inflödet av skräp och föremål till reningsverket, som inte bör hamna där då de kan orsaka stopp, dessa kommer normalt via toalettavloppet.
- Möjliggör en enkel och luktfri hantering av fekalierna som är torra.
- Fekalierna innehåller 90% av patogenerna i avloppsflödet.

#### **KONTAKTPERSON AQUATRON:**

- Anders Welen, vd, sakkunnig: [anders@aquatron.se](mailto:anders@aquatron.se) Tel: 021-490 55 11

<sup>4</sup> *Faecal separation and urine diversion for nutrient management of household biodegradable waste and wastewater*, Björn Vinnerås, licenciatavhandling SLU, Uppsala 2001

<sup>5</sup> Ibid

## 8. Rening av BDT-vatten, spolvatten samt restflöde från urinfällningen

Vid utseparering av fekalier och urin har enligt Svenskt Vatten redan minst 85% av kvävet och 75% av fosfor avskilts från avloppsvattnet. Om man därtill bara använder fosforfria tvätt- och rengöringsmedel - vilket är krav idag - så innehåller toalettfraktionen hela 85% av hushållsavloppets fosfor.<sup>6</sup>

I det volymmässigt stora flödet med BDT-vatten finns alltså med andra ord ungefär 10-15% av totalkvävet och omkring 15% av totalfosfor, huvuddelen av syreförbrukande organiska föreningar (BOD), vätska, samt en mindre mängd patogener. Halten av t ex magsjukevirus i BDT-vattnet kan dock öka i samband med att det går sjukdomar.

I detta fall sker ingen *fullständig* utseparering av de näringsämnen som går med fekalerna, eftersom spolvattnet från Aquatronanläggningen (se föregående kapitel) också behöver omhändertas och därför återförs till BDT-flödet. Vi uppskattar i föregående kapitel att ungefär 40% av närsaltsinnehållet från fekaliefractionen återförs till huvudflödet med spolvattnet.

Från urinsepareringen återförs också ett restflöde från anläggningen för torrfällning, med ett kväveinnehåll på i medeltal 40% av det totala kväveinnehållet i urinen. Det medför att huvudflödet vid inloppet till reningsverket har en sammansättning med c:a 50% av totalkväve och 20% av totalfosfor (beräkning i **Bilaga 2**), eller 6,86 g N / pe / dygn och 0,33 g P / pe / dygn.

Det reningssystem för BDT-vatten som beskrivs i det här dokumentet är baserat på produkterna TreeWell, utvecklad av Carex of Sweden samt InterACT som saluförs av Alnarp Clean Water. Produkterna har gemensamma rötter och i grunden en likartad utformning. Vi har inte i detta läget valt leverantör / partner.

### 8.1 FUNKTION OCH RENINGSGRADER

I det biologiska avloppsreningssystemet sker reningen med hjälp av biologiska processer utan att det tillsätts några kemikalier. Processerna härmar naturliga ekosystem, i en koncentrerad och avgränsad form och under optimerade förhållanden. Funktionen i den aeroba processtanken som Carex of Sweden kallar TW2 och Alnarp Clean Water kallar för InterAct bygger på biofilmer (mikrobiell påväxt). Mikrobiella biofilmer utgör grunden i näringsväven i naturliga ekosystem. Näringsväven i detta fall inkluderar både bakterier, mikrobätare och insekter.

Processteget TW2 / InterAct innehåller en syrerik vassbädd där vattnet syresätts med en luftpump och hålls kontinuerligt cirkulerande. Mikroorganismer som sitter på växternas rotsystem, större vattenlevande organismer och vattenväxter renar vattnet genom

---

<sup>6</sup> Svenskt Vatten 2013. 53

näringsupptag (kväve och fosfor) och nedbrytning av organiskt material (BOD). Under de syrerika förhållandena omvandlar också nitrifierande bakterier kväve till nitrat och nitrit (nitrifikation). Samtidigt uppstår det i de mikrobiella biofilmer till viss del syrefattiga, alltså anaeroba miljöer som krävs för att reducera kvävehalten i vattnet ytterligare (denitrifikation = omvandling av nitrit och nitrat till kvävgas). Medans kväverening är temperaturberoende och reningsgraden går ner något under vintern (vid placering utomhus), fungerar BOD-reningen lika bra året runt, oavsett om processtankarna är placerade i växthus eller utomhus. Tillflödet håller en konstant temperatur året om och de intensiva biologiska processerna genererar värme vilket innebär att systemet är relativt termostatiskt.

Reningsprestanda, enbart InterACT:

- Fosfor: 30% reningsgrad på årsbasis. Fosfor binds i bladmassa, sedimenterar på botten och fastnar i biofilmen.
- Kväverening: 50% reningsgrad på årsbasis
- BOD: 99% reduktion
- 80-90% reduktion av indikatorbakterier i InterACT
- Det vatten som lämnar reningsverket är klart. Vid utvärdering utförd av JTI var medelvärdet på utgående SSP var 7,8 mg / l.<sup>7</sup>

## 8.2 ÖVERSIKTLIG OCH PRELIMINÄR DIMENSIONERING

För att hantera maxscenariot med full utbyggnad av området behövs enligt bedömning från Alnarp Clean Water 7 st InterACT-enheter. En stor fördel med systemet är att det har en modulär uppbyggnad och därmed kan byggas ut successivt i flera etapper i takt med att lasterna ökar. Det ger möjlighet att i samförstånd med kommunen skala upp systemet efter behoven och inte lägga ner onödigt med reningskapacitet från början. Vattenprover kan tas i pumpbrunn efter slamavskiljaren som placeras innan systemet.

Med tanke på sammansättningen av huvudflödet bedömer Alnarp Clean Water att det anaeroba försteget (ProACT) inte behövs i anläggningen.

Varje InterAct tar upp en direkt markyta om cirka 3 kvm, utöver detta behövs utrymme runt för att komma åt tanken från alla håll. Totalt kan cirka 10 kvm markyta beräknas per tank.

Det har diskuterats om reningsverket kan placeras inne i ett växthus eller om det bör vara utomhus. En placering inomhus kan innebära att kvävereningsgraden blir högre året om. Enligt Alnarp Clean Water är placering inomhus inte nödvändig för att ha en tillräcklig reningseffekt.

## REFERENSANLÄGGNINGAR

Alnarp Clean Water uppger två referensanläggningar med reningsverk för 150 på respektive 120 pe:

---

<sup>7</sup> Samtliga prestandavärden: Clara Hermansson / Alnarp Clean Water, se även bilaga från Carex

- Breanäs, Östra Göinge, konferensanläggning och asylboende (dimensionerat för 150 PE, hanterar allt avloppsvatten, dvs har både ProACT och InterACT)
- Hovs hallar, Båstad, hotell och konferensanläggning (dimensionerat för 120 PE, hanterar allt avloppsvatten, dvs har både ProACT och InterACT).
- I Säter finns ett reningsverk installerat av kommunen (jämförbart med Ludvika mht till klimt).
- Totalt finns cirka 2000 installationer av reningsverket i Sverige.

#### KONTAKTPERSON ALNARP CLEAN WATER:

- Clara Hermansson, sakkunnig, [clara.hermansson@alnarpcleanwater.se](mailto:clara.hermansson@alnarpcleanwater.se), Tel mobil: 0739-317268, Växel: 040-462690

## 9. Efterpolering

Det flöde som lämnar det områdesgemensamma reningsverket genomgår efterbehandling för att ytterligare reducera vattnets innehåll främst av fosfor (9.2) samt för att genomgå en desinficering av patogener (9.1). Desinficeringen sker i en **UV-enhet** och för den avslutande **fosforreduktionen** används en kombination av meandrande bäck och anlagd damm / restaurerad våtmark i strandskogen.

### 9.1 DESINFEKTION AV PATOGENER

Avloppsvatten innehåller alltid patogener. Under reningsprocessen sker en viss reduktion och avskiljning av mikroorganismer, men man kan utgå från att åtminstone ett tusental infektiösa mikroorganismer per liter släpps ut i vattenmiljön med det renade avloppsvatten om det inte används någon slags av mikrobiologisk barriär. E-coli och Salmonella är exempel på allvarliga patogener som behöver desinfekteras.

För att kunna släppa ut ett fullständigt patogenfritt vatten ska det installeras en UV-anläggning efter fosfordammen. UV-behandling är en metod som på senare år har lyfts fram som mycket effektiv mot de flesta patogener (även om tekniken faktiskt har funnits länge - den första installationen av UV-desinfektion för dricksvatten i full skala skedde redan 1906 i Marseille).

UV-behandling är effektiv under förutsättning att lösningen som skall behandlas är tillräckligt fri från partiklar som kan blockera UV-ljuset och under förutsättning att UV-dosen är tillräcklig.

UV-behandling har ett antal fördelar jämfört med andra metoder för patogenrening:

1. UV-desinfektion (med tillräcklig dos) ger en effektiv inaktivering av bakterier, parasiter och de flesta virus.

2. UV ger normalt inga allvarliga förändringar i vattenkvalitet eller bildande av desinfektionsbiprodukter.
3. UV-desinfektion har låga investerings- och driftkostnader jämfört med andra processer (möjligen med undantag av klorering).
4. En UV-anläggning är relativt okomplicerad att driva och kräver i princip endast kännedom om två parametrar (intensitet och flöde).
5. En UV-anläggning är kompakt och kan ofta enkelt byggas in i en befintlig anläggning.
6. Driften av anläggningen kräver inga insatskemikalier.

UV-desinfektion har även några nackdelar:

1. UV ger ingen resteffekt i ledningsnätet vilket i vissa fall leder till att UV bör kombineras med klor eller kloramin.
2. Eftersom det inte är möjligt att mäta UV-dos direkt får man förlita sig till indirekta mätningar som intensitet, flöde och ev. UV-absorbans
3. Om man har ett vatten som ger problem med beläggningar på kvartsglas och sensorfönster kan driften bli relativt arbetskrävande (beroende hur lysrör monteras).
4. Vid höga UV-doser och ett vatten med hög halt humus eller annat organiskt material finns risk för att UV-ljuset bryter ned ämnen så att lättnedbrytbara och/eller i vissa fall luktande ämnen skapas
5. UV-anläggningen och dess elektronik kan vara relativt känslig för korta strömdippar och strömspikar vilka kan ge driftproblem resp. skador på elektroniken.

(Baserat på *Råd och riktlinjer för UV-ljus vid vattenverk*, Svenskt Vatten)

Avsikten med desinfektionen är att oskadliggöra mikroorganismer så att de inte kan växa eller spridas och orsaka infektion. Genom metoder som klorering eller ozondesinfektion sker detta genom att cellstruktur och cellmembran oxideras sönder så att cellen dör. Vid desinfektion med UV-ljus är mekanismen en annan: UV-ljuset tränger in i cellen och utlöser en fotokemisk reaktion med proteiner i DNA-molekylen, så att reproduktionen av DNA-spiralen inte fungerar. Till en viss del kan UV-ljuset även inaktivera celler genom att reagera med andra proteiner och enzymer vilket förstör cellens ämnesomsättning. Sammantaget leder detta till att celledelning och näringsupptag förhindras så att mikroorganismerna inaktiveras och oskadliggörs.<sup>8</sup>

Olika mikroorganismer är olika känsliga för UV-ljus. Bland de känsligare återfinns E-coli och de två klorresistenta protozoerna (parasiterna) giardia och cryptosporidium medan exempelvis norovirus är något mindre UV-känsligt. Motståndskraftigare mot UV är bl.a. flera sporbildande bakterier och mest motståndskraftigt är adenovirus som kräver mycket höga doser av UV-ljus för god inaktivering. Våglängden 254 nm anses ge de bästa resultaten enligt Svenskt Vatten. Den belysningstid som behövs är kort och kan variera från någon sekund till högst en minut.

---

<sup>8</sup> *Råd och riktlinjer för UV-ljus vid vattenverk*, Svenskt Vatten

UV-anläggningen består av en UV-kammare som vattnet passerar genom. I kammaren är en eller flera lampor placerade. Lamporna är inte i direkt kontakt med vattnet utan sitter placerade i kvartsglasrör. En UV-sensor mäter ljusintensiteten för att övervaka att anläggningen fungerar och generera ett larm om intensiteten understiger uppsatt gränsvärde. Till anläggningen hör en kontrollenhet som förser lampan med ström och möjliggör styrning och övervakning av anläggningen samt loggning av status och larm. Förutom dessa delar som ingår i köpet av ett UV-aggregat bör även provtagningsventiler och avstängningsventiler före och efter UV-kammaren samt flödesmätare inkluderas i anläggningen.

Vid ett strömavbrott stängs UV-lampan av och desinfektionseffekten upphör. Vid ett kortvarigt strömavbrott sker dock inget genomflöde genom systemet utan istället fylls områdets bufferttankar (som ska dimensioneras med marginal för strömavbrott under en period). Det innebär att inget orenat vatten riskerar att lämna systemet. För att hantera eventuella längre strömavbrott krävs reservel för området som då ska vara kopplad så att den kan försörja både avloppssystemets pumpar och UV-anläggningen.

Som referenssystem har vi tittat på **Aquatrons UV-brunn 245**, med en angiven kapacitet på 250 liter/timme, dvs. 6 000 l/dygn. Vid val av denna modell skulle tre parallellkopplade UV-enheter kunna hantera områdets totala maxflöde. Utbyggnaden kan ske stegvis. Aquatrons UV-enhet har enligt tillverkaren mycket god effekt även på mer partikelrika flöden genom att vattnet rör sig i en skruvrörelse (alla partiklar snurrar runt och belyses på alla sidor flera gånger). Vid oberoende tester hos SP på kraftigt nedsmutsat vatten uppnåddes 100% bakteriedödande effekt (2005).

Ett annat referensalternativ är **Matala UV Pumpbrunn 16-300** med en 16W UV-lampa. Brunnen har en pump som trycker iväg vattnet förbi UV-filtret och vidare. Därmed ersätter enheten även behovet av en separat pumpbrunn och kan hantera variabla inflöden som kommer satsvis. Kapaciteten är 1000 liter per timme vilket innebär att en enhet skulle kunna hantera hela området.

Val av system behöver göras utifrån uppställda reningskrav vid projektering.

## 9.2 FOSFORDAMM

Efter desinfektionssteget släpps restflödet vidare längs en öppen bäckfåra ned mot Bysjön. Avståndet fågelvägen till sjökanten är cirka 70 meter från utloppspunkten i Kresloppskvarterets västra del. Sträckan kan dock utsträckas till närmare 200 meter genom en mer meandrande dragning, som leder restflödet mot sydväst. I området mellan kvartersmarken och sjökanten finns här en låglänt och lite sumpig strandskog med karaktären av igenvuxen hagmark.

I lämpligt läge längs bäckfåran anläggs en damm/våtmark som blir en del av naturmarken. Detta steg tillför en avslutande efterpolering av hela flödet innan det går vidare till Bysjön. Det kan samtidigt fungera som ett positivt inslag och gestaltningselement i den skogsträdgård som planeras att utvecklas mellan Kresloppskvarteret och Bysjön. Då marken redan i nuläget har en våtmarks/sumpskogs karaktär kan det vara tillräckligt att

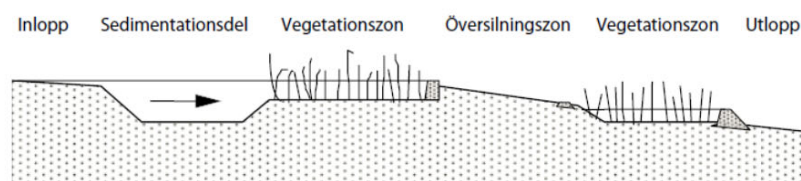
restaurera den existerande våtmarken och komplettera denna med en djuphåla vid inloppet (se nedan).

Våtmarker och dammar med en vegetationszon har en god förmåga att avskilja fosfor (30–65 % beroende på innehåll i inflödet, dammens utformning och uppehållstid) och metallföroreningar (runt 60 %) och utgör en väletablerad metod att ta bort näringsämnen från behandlat avloppsvatten från hushåll. I dammen sker reningen framförallt genom att partikelbundna föroreningar sedimenterar. I våtmarker och i dammar med vegetationszoner sker ytterligare rening genom växtupptag och andra biologiska processer som kan reducera halterna av lösta föroreningar och bidra till fastläggning av kväve.<sup>9</sup>

Reningseffekten och de biologiska värdena blir högre när växter deltar i reningsprocessen. Rätt dimensionerade, konstruerade och underhållna kan dammar, och i ännu högre grad våtmarker, ge en god rening.<sup>10</sup> Om nivån kan få fluktuera fungerar både en damm och en våtmark dessutom vid behov som fördröjningsvolym i ett vattensystem.

För att reningen ska fungera fullt ut måste fasta partiklar hinna sjunka ner på botten. För det krävs att dammen är utformad så att det finns en djuphåla vid inloppet. Där kan vattnets hastighet minska och större partiklar hinna sjunka ner. En tumregel är att djupområdet ska vara minst en fjärdedel av dammens yta och cirka 1 – 1,5 meter djup. Med tiden kan det bli så mycket jord i främst djuphålan att dammen behöver tömmas för att den ska fortsätta fylla sin funktion. Resten av dammen kan vara 30 - 40 cm djup och innehålla växter. Där kan fler partiklar fastna i vegetationen, som ofta blir tät med tiden. En fosfordamm ska till sin form gärna vara långsmal. Ungefär dubbelt så lång som bred. Ju längre väg vattnet har desto mer rening hinner ske. Dimensionering utgår från största beräknade flödesmängden.

Fosfordamningens fortgår under hela året, medan den kväveavskiljande förmågan minskar under vintern.



Figur 3. Principskiss över hur en fosfordamm kan se ut för optimerad funktion. Efter Bioforsk FOKUS-rapport 2008. I Jordbruksverkets rapport: Dammar som samlar fosfor. Jordbruksinformation 11. 2010

<sup>9</sup> Stockholm Vatten och Avfall - Dammar och våtmarker

<sup>10</sup> How effective are created or restored freshwater wetlands for nitrogen and phosphorus removal? - EviEM Scientific Report 2016

## 10. Spridning av restflöde

Efter genomgången tertiär behandling leds det renade avloppsvattnet vidare till Bysjön. Vattnet håller badvattenkvalitet och är patogenfritt. Det är lämpligt att placera utsläppspunkt i den södra delen av den lilla bukten (bilaga 3 - karta) för att hamna en god bit ifrån badplatsen. Utsläpp i sjön är tillståndspliktigt enligt miljöbalken.

## 11. Flödesmätning och Provtagning

Enligt NFS 2016:6 ska det i reningsanläggningar >200 pe finnas flödesmätning och provtagare på utgående vatten. Enligt §11:4 skulle detta innebära "tidsproportionell provtagning där ett delprov tas ut var tionde minut" för följande kontrollparametrar:

Kontrollparameter	Provtyp och provtagningsfrekvens
COD	4 dygnsprov / år
BOD7	8 dygnsprov / år
Fosfor P-tot	8 dygnsprov / år
Kväve N-tot	8 dygnsprov / år

I NFS 2016:6 finns det inget krav på provtagning av inkommande vatten för reningsverk i den storlek som är aktuellt här. I överenskommelse med Ludvika kommuns hälso- och miljöskydd ska det installeras flödesmätning och provtagningspunkter på det inkommande vattnet vid skräp-/avskiljningstanken och på det utgående vattnet innan UV-lampan. Om det visar sig att anläggningen inte uppnår de tilltänkta reningsresultaten kan åtgärder vidtas omgående. Provtagningskraven regleras i tillståndsprövningen.