

Rening av mikrobryggeriers avloppsvatten

Avloppsvattnets karaktär och avloppsreningslösningar
utifrån fallstudien Remmarlöv Gårdsbryggeri

SANNA OLSSON 2017

**MVEM12 EXAMENSARBETE FÖR MASTEREXAMEN 30 HP
MILJÖVETENSKAP | LUNDS UNIVERSITET**



Rening av mikrobryggeriers avloppsvatten

Avloppsvattnets karaktär och avloppsreningslösningar utifrån
fallstudien Remmarlov Gårdsbryggeri

Sanna Olsson

2017



LUNDS
UNIVERSITET

Sanna Olsson

MVEM12 Examensarbete för masterexamen 30 hp, Lunds universitet

Intern handledare: Åsa Davidsson, Institutionen för Kemiteknik, Lunds universitet

Extern handledare: Håkan Nilsson, Remmarlöv Gårdsbryggeri

CEC - Centrum för miljö- och klimatforskning

Lunds universitet

Lund 2017

Abstract

The number of microbreweries in Sweden has grown a lot since 2009, from about 30 to 240 breweries. In the production of beer, wastewater is also produced which must be taken care of to avoid inconvenience to people and the environment. How the wastewater should be treated has been a problem for a couple of breweries. This study is based on a case study, Remmarlöv Gårdsbryggeri, that needs a new wastewater treatment. Within the case study characteristics in the wastewater was identified by sampling and analysis in the laboratory. The most noticeable results of the sampling of the wastewater were high levels of COD and BOD, high levels of phosphorus in comparison with the levels of nitrogen, and a low pH in the wastewater. To find out what kind of wastewater treatment methods to use at Remmarlöv Gårdsbryggeri, a survey was made to identify wastewater treatment methods used in Swedish microbreweries. The survey was targeted against major micro breweries in Sweden. The major micro breweries in Sweden was 56 in total, of which 20 of them answered the survey. The survey showed that most of the breweries used municipal wastewater treatment with some pre-treatment in the form of a collection tank, to give more even wastewater, and pH adjustment. Other breweries spread their wastewater on farmland, used an infiltration plant or had an internal wastewater treatment plant. In order to evaluate which wastewater treatment method suited Remmarlöv Gårdsbryggeri, a matrix was made on the treatment methods identified in the survey. Municipal wastewater treatment has the best degree of purification and control after the treatment but would mean a huge cost for Remmarlöv Gårdsbryggeri. Using infiltration by sludgy would mean a good degree of purification together with a pre-treatment to lower the level of phosphorus, is easy to control and would therefore be a suitable treatment for Remmarlöv Gårdsbryggeri. An alternative is spreading the wastewater on farmland or *Salix* which also have showed good degree of purification and could be controlled due to the farmlands drainage system which ends up in a ditch.

Keywords: wastewater, treatment, brewery

Innehållsförteckning

Abstract 3

Innehållsförteckning 5

Förkortningar 7

1 Inledning 9

1.1 *Remmarlov Gårdsbryggeri 10*

1.2 *Syfte 12*

1.3 *Avgränsningar 12*

2 Metod 13

2.1 *Materialinsamling 13*

2.1.1 *Enkätundersökning 13*

2.1.2 *Fallstudie 14*

2.1.3 *Litteraturgenomgång 15*

2.2 *Analys 16*

3 Bakgrund 17

3.1 *Bryggprocessen 17*

3.2 *Avloppsvatten 18*

3.2.1 *Avloppsvattnets historik 18*

3.2.2 *Karaktär på avloppsvatten från hushåll 19*

3.2.3 *Karaktär på avloppsvatten från bryggerier 20*

3.3 *Lagar och andra krav 22*

3.3.1 *Allmänna miljökrav på verksamheter relaterat till avloppsvatten 22*

3.3.2 *Utsläpp av avloppsvatten 22*

3.3.3 *Rening av avloppsvatten 22*

3.4 *Val av avloppsreningslösning 25*

3.5 *Kommunal avloppsvattenrening 25*

3.5.1 *Utsläpp av avloppsvatten till kommunalt avlopp 26*

3.6 *Internt avloppsreningsverk 27*

3.7 *Infiltration och markbädd 28*

3.8 *Växsystem 29*

3.8.1 *Spridning på åkermark 29*

3.8.2 *Energiskog 30*

4 Resultat 33

4.1 *Enkätundersökningen* 33

4.2 *Fallstudien Remmarlöv Gårdsbryggeri* 35

4.2.1 Avloppsvattnets karaktär hos Remmarlöv Gårdsbryggeri 35

4.2.2 Skyddsnivå 36

4.2.3 Reduktionskrav 37

4.2.4 Geologiska förutsättningar 38

4.2.5 Ellinge avloppsreningsverk 39

5 Diskussion 41

5.1 *Förutsättningar för kommunal avloppsvattenrening* 41

5.2 *Förutsättningar för avloppsrening genom ett internt reningsverk* 43

5.3 *Förutsättningar för avloppsrening genom infiltration och markbädd* 44

5.4 *Förutsättningar för avloppsrening genom växtsystem* 45

5.5 *Sammanställning av avloppsreningslösningar* 46

5.6 *Val av avloppsreningslösning* 48

5.7 *Metoddiskussion och vidare studier* 49

6 Slutsats 51

7 Tack 53

Referenser 55

Bilaga 1 - Enkätundersökning 59

Bilaga 2 – Provtagning och analys 61

Bilaga 3 – Beräkningar 65

Förkortningar

ABVA	Allmänna bestämmelser för brukande av allmänna vatten- och avloppsanläggningar
COD	COD står för kemisk syreförbrukning vilket innebär hur mycket syre som krävs för att oxidera allt organiskt material.
BOD	BOD står för biokemisk syreförbrukning om är ett mått på hur mycket biologiskt nedbrytbara ämnen som finns i ett prov. BOD mäts i Sverige under 7 dygn och beskrivs därför som BOD7.
BOD7/COD	BOD7/COD används ofta som en faktor för att veta hur lättnedbrytbart ett avloppsvatten är. COD är alltid högre än BOD.
MB	Miljöbalken (1998:808)
N:P:K	Kvoten mellan kväve, fosfor och kalium
pe	Personekvivalenter utgår från ett hushållsavloppts karaktär och utgår från den utsläppsmängd en person har per dygn. Används som enhet för att uppskatta ett avloppts belastning.
tot-P	Total fosforhalt i ett prov
tot-N	Total kvävehalt i ett prov

1 Inledning

Intresset för öl har vuxit explosionsartat i Sverige och antalet bryggerier har vuxit med det. Antalet bryggerier i Sverige är idag 240 stycken, från att ha varit ett trettioital under 2009 (Littorin, 2016). Framför allt är det intresset för mikrobryggerier, vilka producerar öl med hantverksmässiga metoder som ökat (Littorin, 2016). Detta kan ses som en del av trenden för att handla lokalt och småskaligt, där antalet lokala gårdar som sysslar med livsmedelsförädling vuxit från 850 stycken år 2009 till 2657 stycken under 2016 (Lönnroth, 2016).

Med livsmedelsförädlingen tillkommer även ansvar i form av försiktighetsåtgärder för att utgöra så liten miljöpåverkan som möjligt. Bryggprocessen innebär till exempel uppkomst av avloppsvatten vid rengöring av bryggverk och lokaler. Vid rengöring krävs stora mängder vatten tillsammans med kemikalier och dessa tillsammans med restprodukterna från bryggprocessen bildar avloppsvattnet från bryggeriet (Murunga, Mbuge, Gitau, Mutwiwa, & Wekesa, 2016). En stor del av restprodukterna vid bryggeriprocessen är organiska ämnen och näringsämnen vilka kan leda till negativ miljöpåverkan vid okontrollerat utsläpp i form av exempelvis övergödning och därför måste avloppsvattnet omhändertas (Naturvårdsverket, 2016). Hur avloppsvattnet ska tas omhand hos mindre bryggerier är något som uppmärksammas, i form av brist av information och riktlinjer, inom både branschen och hos myndigheter som verkar för kontroll av verksamheterna (Avloppsguiden, 2015; Nebel, 2012).

Parallellt med lagkrav finns även drivkraften från kunder och verksamheterna själva för en ekologisk och hållbar produktion (Jordbruksverket, 2014). Hos ett bryggeri kan mer hållbar produktion innebära att näringsämnen och organiskt material som finns i avloppsvattnet omhändertas och används på nytt genom till exempel bioenergi eller i form näring till växter (Jordbruksverket, 2004; Spendrups, 2016).

1.1 Remmarlöv Gårdsbryggeri

Remmarlöv Gårdsbryggeri är ett mikrobryggeri som ligger i Remmarlöv utanför Eslöv, se figur 1. De började sin produktion 2015 och har sedan dess flertal ölsorter varav några går att hitta på Systembolaget. Deras öl inspireras av den amerikanska craft beer-kulturen men med stor anknytning till det lokala. Malten i ölet kommer från korn som växer på lokala åkrar och även lokal humle har använts i ölen. Vatten som används till ölen kommer från gårdens brunn och elen för att driva bryggeriet kommer från ett lokalt vindkraftverk. Inom verksamheten anordnas även rundvandringar och provsmakningar (Miljöbron, 2015). Utöver bryggeriverksamheten finns även en avelshönsverksamhet och i och med bryggeriets tillväxt är idag bryggeriverksamheten större än avelshönsverksamheten (H. Nilsson, personlig kommunikation, 19 december 2016). Bryggeriet producerar idag omkring 100 000 liter öl per år men växer stadigt och inom några år förväntar de sig att brygga omkring 400 000 liter per år (H. Nilsson, personlig kommunikation, 17 februari 2017).

Avloppsvatten uppkommer idag från bryggeriverksamheten genom rengöring av bryggverk och lokaler och även från tvätt av hönsburet (Miljöbron, 2015). Tvätt av hönsburet görs två gånger om året medan tvätt av bryggeriet görs mer frekvent mellan varje brygning (H. Nilsson, personlig kommunikation, 19 december 2016). Vid tvätt av bryggverk och bryggeriet används kemikalier som lut, salpetersyra och väteperoxid. Avloppsvattnet som uppkommer från verksamheten samlas i bassänger på 1000 respektive 100 m³ (H. Nilsson, personlig kommunikation, 27 april 2017). I dagsläget finns tillstånd att sprida detta avloppsvatten på åkermark med den produktion de har idag men tillståndet kommer behöva utredas på nytt när produktionen ökar (Miljöbron, 2015). Beräknat på produktionen används ungefär 3,5 liter vatten per liter producerad öl (H. Nilsson, personlig kommunikation, 28 februari 2017). Detta innebär att mängden avloppsvatten som tillkommer årligen är ungefär 250 m³ i dagsläget.

Remmarlöv Gårdsbryggeri är ett av de mikrobryggerier som är i behov av att se över deras omhändertagande av avloppsvatten och har intresse för att driva en ekologisk och hållbar produktion genom att omhänderta avloppsvattnet och återföra näring.



Figur 1 Karta över Remmarlöv (Google Maps, 2017)

1.2 Syfte

Detta projekt ämnar till att utvärdera vilka tekniker som kan användas för rening av avloppsvattnet från ett mikrobryggeri med fallstudien Remmarlöv Gårdsbryggeri i fokus. Förhoppningen är även att det ska kunna tillämpas för liknande verksamheter och därmed i större utsträckning underlätta valet av reningsteknik för minskad negativ miljöpåverkan hos mikrobryggerier.

Frågeställning:

Vilka egenskaper har avloppsvattnet från ett mikrobryggeri?

Vilka reningstekniker används för att rena avloppsvatten från mikrobryggerier i Sverige?

Vilka tekniker föredras vid rening av Remmarlöv Gårdsbryggeris avloppsvatten?

1.3 Avgränsningar

Projektet kommer utgå från fallstudien Remmarlöv Gårdsbryggeris förutsättningar i fråga om verksamhetens storlek, utsläpp och resurser. Projektet kommer därför avgränsas till se till en produktion i fallstudiens storlek i fråga om reningsteknik. För att utvärdera vilka metoder som kan vara av relevans för ett mikrobryggeri har olika metoder utvärderas med ett antal egenskaper. Vid utvärdering av vilka metoder som kan vara av relevans för ett mikrobryggeri har en avgränsning i ett antal egenskaper utvärderats.

Verksamheten i Remmarlöv omfattas även av en hönsverksamhet. Vid rening av hönshuset bildas avloppsvatten som leds till samma bassäng som avloppsvattnet från bryggeriet. Vilken påverkan hönsverksamheten har på avloppsvattnet omfattas inte av studien.

Projektet omfattas även av en enkätstudie för att få en översikt över hur andra mikrobryggerier renar sitt avloppsvatten. Denna enkätstudie är avgränsad till att bara omfattas av svenska mikrobryggerier som är av Remmarlöv Gårdsbryggeris storlek och större.

2 Metod

2.1 Materialinsamling

För första frågeställningen har en kvantitativ metod använts i form av en enkätundersökning. För den andra och tredje frågeställning har kvalitativa metoder använts i form av litteratursökning och fallstudie. Den kvalitativa studien grundas i en induktiv metodik. (Hartman, 2001).

2.1.1 Enkätundersökning

Syftet med enkätundersökningen var att få en överblick över vilka reningstekniker som används hos mikrobryggerier i Sverige. Detta användes även för att i ett senare skede ha ett urval för vilka tekniker som kunde vara av relevans för den andra frågeställningen. Inom enkätundersökningen gjordes ett urval. För att urvalet ska bli representativt bör urvalet likna hela populationen (Hartman, 2001), detta hade dock inte gett ett mervärde för studien. För enkätundersökningen i denna studie har istället ett urval gjorts i fråga om vilka mikrobryggerier som kan ha information som kan antagas vara av intresse i form av att de behandlar sitt avloppsvatten. Av intresse för studien är därmed inte samtliga bryggeriers avloppsvattensrening utan två antaganden har gjorts för att göra ett ändamålsenligt urval enligt Hartman (2001). Antagandena är; *Större bryggerier måste i högre grad behandla sitt avloppsvatten* samt *de bryggerier som inte har några uppgifter på omsättning är mycket små*. För att få ett kvantitativt mått på vad som räknas som bryggerier som kan vara av intresse har enkätstudien utgått från omsättningen hos bryggerierna med fallstudien som utgångspunkt. Enkätundersökningen omfattas därmed av bryggerier med en omsättning som är större eller lika stor som Remmarlöv Gårdsbryggeri. Omsättningen valdes framför kapacitet eller produktion på grund av att det i högre grad finns uppgifter om omsättning. Detta i och med att det är lag på att årsredovisa enligt årsredovisningslagen (1995:1554). För att ta reda på vilka mikrobryggerier som finns i Sverige har föreningen Sveriges Mikrobryggeriers lista använts (Sveriges Mikrobryggerier, 2017). För att ta reda på mikrobryggeriernas omsättning har sökningar gjorts på söktjänster som ratsit.se och allabolag.se. Enkätstudien skickades ut 8 mars 2017 med påminnelse 20 mars samt 27 mars. För att tydligare se skillnader hos större och mindre mikrobryggerier har dessa

delats upp. För att se om det fanns några naturliga grupperingar plottades bryggeriernas produktion i liter. Därefter identifierades grupperingen till över och under 200 000 L/år.

2.1.2 Fallstudie

Syftet med fallstudien var att få underlag för att kunna utvärdera vilka reningstekniker som föredras hos ett mikrobryggeri. För att kunna göra en utvärdering av vilka reningstekniker som föredras hos ett mikrobryggeri behövdes ett konkret exempel eftersom bryggerier på flera sätt kan skiljas åt i exempelvis storlek och geografisk placering. Detta skapar olika förutsättningar för bryggerierna. Remmarlöv Gårdsbryggeri har därför använts som fallstudie för att kunna studera olika reningstekniker utifrån deras förutsättningar. Att använda en fallstudie innebär att reliabiliteten för att fallstudien ska vara representativ för hela populationen, i detta fallet alla mikrobryggerier, är relativt låg (Bryman & Nilsson, 2011). Men då syftet är att ge en översikt inom området och ge inspiration till andra mikrobryggerier och inte direkt kunna tillämpas på andra verksamheter bör detta inte utgöra en störning.

2.1.2.1 Provtagning och analys av avloppsvatten

Inom fallstudien gjordes även analys av avloppsvattenprov för att ta reda på koncentrationerna av näringsämnen och organiskt material samt pH i avloppsvattnet. Provtagningen gjordes i syfte att ta reda på vilken belastning som Remmarlöv Gårdsbryggeris avloppsvatten har för att veta i vilken utsträckning avloppsvattnet behöver renas och vilken lagstiftning bryggeriet behöver förhålla sig till. Analys gjordes av pH, totalkväve, totalfosfor, suspenderad substans, COD samt BOD7. Provtagningen ägde rum 27 mars 2017. Under en längre tid hade bryggeriets avloppsvatten samlats i bryggeriets mindre bassäng under mark med ett djup på tre meter. Det var med andra ord enbart avloppsvatten från bryggeriets verksamhet och inte från hönsverksamheten. Bassängens innehåll hade vid provtagningstillfället pumpats runt för att göra vattnet mer homogent. Då enbart en öppning fanns till bassängen togs samtliga prover från öppningen, fyra av proverna togs ca 1,5 meter ned och fyra togs vid ytan för att få en representativ bild av avloppsvattnet. Samtliga prover var ungefär 1,5 L. Samtliga prover blandades för att få ett blandprov till analysen. För analys av pH, totalkväve, totalfosfor, suspenderad substans och COD användes laboratorium på Kemicentrum i Lund. Ytterligare ett prov togs 8 maj 2017 för analys av BOD7 då tidigare prov missats analyseras hos Alcontrol. För provtagning av BOD7 togs enbart ett prov ut på ca 1,5 meters djup i samma bassäng som för tidigare analys. Detta prov lämnades in till Alcontrol i Malmö.

Vid analys av totalkväve, totalfosfor och COD användes provtagningskitten LCK338 (20-100 mg/L TNb), LCK348 (0,5-5 mg/L PO₄-P) och LCK114 (150-1000 mg/L O₂) från Hach Lange. Då provtagningskitten analyserade inom ett visst intervall

behövde avloppsvattnet spädas. Initialt användes spädningar som utgått från förväntade värden som funnits i litteratur för att med större sannolikhet hamna inom koncentrationsintervallet. För vissa analyser var värdena högre än de förväntade värdena i litteraturen och därför gjordes ytterligare spädningar för att komma inom intervallet för provtagningskitten. Vid beredning av totalkväve, totalfosfor och COD krävdes uppvärmning, detta gjordes med hjälp av Hach Lange LT 200. Proven lästes av genom spektrometern Hach Lange DR 2800.

Analys av suspenderad substans gjordes i enlighet med SS 28112. Filterpappret som användes i analysen var VWR Glass microfibrer filter 691 med porstorleken 1,6 µm och diametern 55 mm. Vågen som användes i analysen var Sauter RE 1614. Analys av pH gjordes med pH-mätaren WTW pH 320. Instrumentet sköljdes med vatten före och efter användning.

2.1.3 Litteraturgenomgång

För att kunna utreda frågeställningarna granskades litteratur genom att studera olika typer av reningstekniker. Reningsteknikerna som utreddes baserades på enkätundersökningens svar oberoende hur vanlig reningstekniken visade sig vara. Detta för att inte utesluta en metod som potentiellt kan ha många bra egenskaper utan att för den delen vara vanligt förekommande. För uppgifter om reningsteknikerna användes framför allt underlag från myndigheter. Då avloppsreningsteknikerna kan ha olika funktion beroende på klimat studerades endast svensk litteratur för reningssmetoderna.

2.2 Analys

För att kunna analysera vilken teknik som kan föredras med avseende på flertal egenskaper hos Remmarlöv Gårdsbryggeri har en komparativ analys gjorts (Denk, 2002). Genom den komparativa analysen har en jämförelse gjorts mellan de tekniker som kommit upp i enkätundersökningen i form av att studera flertal egenskaper hos teknikerna som är väsentligt för bryggeriet. Jämförelsen presenteras i en matris som visas nedan i tabell 1. Faktorerna som används i matrisen är sådana som identifierats i *Miljöskyddsteknik – Strategier & teknik för ett hållbart miljöskydd* av Per Olof Persson med tillägg i form av resurshushållning och avser att ge en jämförelse mellan olika tekniker utifrån de olika faktorerna.

Tabell 1 Matris för sammanställning av reningstekniker

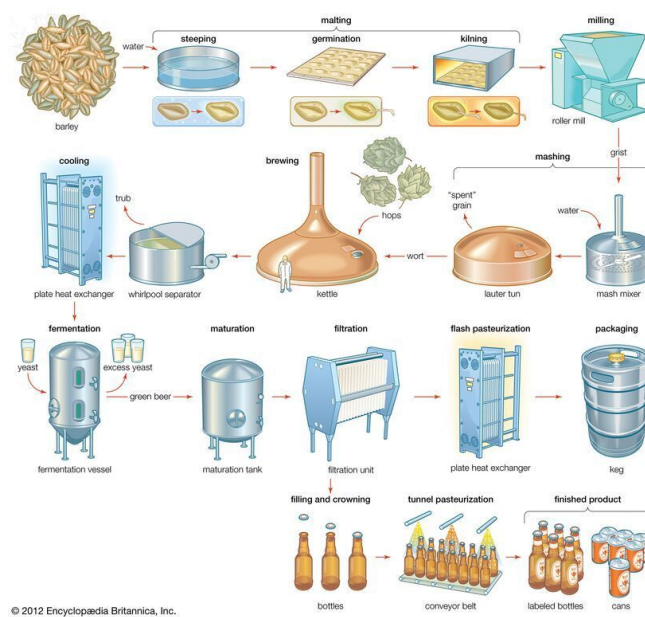
Faktorer	Teknik 1	Teknik 2	Teknik 3	Teknik 4
Reningsgrad				
Utrymmesbehov				
Resurshushållning				
Möjlighet till kontroll av utsläpp efter rening				
Behov av kontroll och skötsel				
Driftstabilitet				
Kostnad				

Analysen är kvalitativ. Då egenskaperna till stor del inte kommer utgå efter några mätbara värden och egenskaperna inte kan likställas i storlek med varandra kan inte matrisen utvärderas kvantitativt.

3 Bakgrund

3.1 Bryggprocessen

Bryggning av öl innebär flera processer innan det blir en färdig produkt. Råvaran som öl görs på är säd av något slag, vanligtvis korn (Nordlöv, 2017). I bryggningens första process, mältningen, läggs råvaran under ett dygn i vatten för att sedan torka i fem dygn, vilket bildar en malt. Genom processen kan malten senare omvandla stärkelse till förjäst socker (Nordlöv, 2017). På Remmarlöv Gårdsbryggeri köps malten in färdig (Miljöbron, 2015). Malten blandas sedan med varmt vatten under mäsningen vilket för att stärkelsen omvandlas till maltsocker och vätskan blir en vört (Nordlöv, 2017). Efter denna processen silas skaldelar från malten bort från vörten och vörten kokas med humle för att få beska och karaktär på ölen och även rätt koncentration på vörten (Nordlöv, 2017). Humlekottarna silas därefter bort och vörten kyls ned. För att starta jäsningen tillsätts jäst och luft då jästen kräver syre för att starta jäsningen, därefter jäser ölet utan tillgång på syre. Socker omvandlas under jäsningen till alkohol, kolsyra och smakämnen under två veckors tid. Jäsningen avbryts genom att sänka temperaturen och jästen faller till botten av tanken om tas bort. Ölet lagras sedan kallt och efter lagringen kan ölet filtreras genom kiselgur för att få det till en klarare vätska. Innan ölet tappas upp på flaska kan det pastöriseras för att döda eventuella mikroorganismer (Nordlöv, 2017). Processen demonstreras i figur 2.



Figur 2 Bild över bryggningens olika processer (Encyclopedia Britannica ImageQuest, 2017)

3.2 Avloppsvatten

Avloppsvatten definieras enligt 9 kap. 2 § miljöbalken (MB) (1998:808) som spillvatten eller annan flytande orenlighet, vatten som använts för kylning, vatten som avleds från mark inom detaljplan samt vatten som avleds för avvattning av begravningsplats. Avloppsvatten är alltså det avfall som uppkommer från mänsklig aktivitet i vätskeform, här hör till exempel spillvatten, dagvatten och dräneringsvatten till vilket uppkommer från hushåll och industrier (Göteborgs Stad, 2017). Avloppsvattnets karaktär beror på vilken process som skapat avloppsvattnet men . Innehållet i det vatten som kommer till de kommunala reningsverken består till stor del är en blandning av avloppsvatten från hushåll och industrier (Naturvårdsverket, 2012). Innehållet i avloppsvattnet är exempelvis organiskt material, näringsämnen som fosfor och kväve och olika typer av metaller (Naturvårdsverket, 2016).

3.2.1 Avloppsvattnets historik

Avloppsvattnets konsekvenser upptäcktes framför allt mellan 40- och 60-talet där sjöar och vattendrag blev förorenade vilket i sin tur ledde till fiskdöd (Naturvårdsverket, 2012). Även övergödning var ett stort problem (Naturvårdsverket, 2012). Organiska

ämnen i avloppsvattnet är syreförbrukande och kan därför leda till syrebrist när det släpps ut till vatten medan näringsämnen är källan till övergödning (Naturvårdsverket, 2016). Under 50-talet påbörjades byggnation av kommunala reningsverk för att få bukt på problematiken som uppstod vid utsläpp av avloppsvatten direkt till naturen (Naturvårdsverket, 2012). Den största utvecklingen av reningsverk var framför allt under 60- och 70-talet där avloppsvattnet började renas från organiska ämnen och fosfor (Naturvårdsverket, 2012). Detta utvecklades sedan vidare under 80-talet där avloppsvattnet även renades från kväve (Naturvårdsverket, 2012). Idag är de flesta hushåll inom tätorten anslutna till kommunalt reningsverk (Naturvårdsverket, 2012) men även industrier ansluts vanligen till kommunalt reningsverk (Persson, 2005). Hos större industrier är det vanligt att ha reningsverk på verksamheten som liknar den som finns hos kommunala reningsverk, men det är också beroende på typ av industri (Persson, 2005). Industrier som till exempel slakterier, livsmedelsproduktion, textil och tvätt kan ofta ansluta sig till det kommunala nätet medan tyngre industrier som mekaniska verkstäder och kemiindustrier måste rena sitt avloppsvatten själva (Persson, 2005).

3.2.2 Karaktär på avloppsvatten från hushåll

För att kunna sätta avloppsvatten i relation till varandra jämförs avloppsvatten oftast i form av pe. Pe utgår från ett hushållsavlopps karaktär och utgår från den utsläppsmängd en person har per dygn (Svenskt Vatten, 2012a).

Vid beräkning av föroreningsbelastning utgår beräkningen vanligtvis från det organiska material som produceras per person och dag i form av BOD₇/person och dygn i enlighet med NFS (2006:7). BOD innebär biokemiskt nedbrytbar organisk substans och beskriver mängden syre som går åt för att bryta ned det organiska materialet med hjälp av bakterier och ger ett mått på hur lättnedbrytbart avloppsvattnet är. Siffran innebär under hur många dygn analysen pågår, i detta fallet 7 (Murunga et al., 2016). Det är även vanligt att göra analyser på BOD under fem dygn, kvoten mellan sju och fem dygn varierar men är vanligtvis mellan 1,15-1,18 (Balmer, 2015). En personekvivalent (pe) BOD₇/person och dygn är 70 gram vid avloppsvattenvolymer 170 L per person och dag NFS (2006:7).

Organiskt material beskrivs även genom COD vilket innebär kemisk syreförbrukning (Svenskt Vatten, 2012b). COD innebär syreförbrukningen för att bryta ned allt organiskt material (Murunga et al., 2016). COD-halten alltid större än BOD-halten i och med detta och för att beskriva hur lättnedbrytbart avloppsvattnet är används kvoten mellan BOD och COD i form av BOD₇/COD (Murunga et al., 2016). En hög halt BOD i relation till COD innebär att avloppsvattnet är lättnedbrytbart (Murunga et al., 2016). I avloppsvattnet beskrivs även hur mycket partiklar som finns i vattnet och koncentration av näringsämnen (Svenskt Vatten, 2012b).

Även ämnen som tungmetaller, läkemedelsrester och patogener finns, i låga koncentrationer, i avloppsvattnet från hushåll (Hultberg & Bodin, 2017; Naturvårdsverket, 2012). Avloppsvattnets karaktär från hushåll är sammanställd i tabell 2.

Tabell 2 Avloppsvattnets karaktär från hushåll

Avloppsvattnets karaktär hos hushåll angivet i gram/person och dag samt koncentration i mg/L i enlighet med Naturvårdsverkets allmänna råd NFS (2006:7). Uppgifter om suspenderad substans är beräknad utifrån antagen spillvattenproduktion för en person (Sundberg, 1995).

Parameter	Totalt per person, g/p, d	Halt, mg/L
BOD7	48	280
Tot-P	2	12 (5-15)
Tot-N	14	80
Suspenderad substans	43	253
COD	94	553

3.2.3 Karaktär på avloppsvatten från bryggerier

Avloppsvatten från bryggerier har ofta höga halter av organiskt material vilket beskrivs som BOD, COD och suspenderad substans (Gangagni Rao et al., 2007; Murunga et al., 2016; Svenskt Vatten, 2012a). Till skillnad från ett hushållsavlopp kan relationen mellan COD och BOD i ett avloppsvatten från ett bryggeri vara mycket stor, detta beror på att COD-halten är betydligt högre än BOD-halten (Gangagni Rao et al., 2007; Murunga et al., 2016). Normalt sett är däremot relationen 0,6-0,7 (Gangagni Rao et al., 2007; Murunga et al., 2016). Halten COD kan vara upp emot 170 000 mg O₂/L i ett avloppsvatten från ett bryggeri på grund av dess höga innehåll av etanol och glycerol (Lisandro & Miguel, 2014). Även näringsämnen, framför allt fosfor är generellt sett högre hos avloppsvattnet från ett bryggeri jämfört med ett hushållsavlopp (Gangagni Rao et al., 2007). Beroende på vilka rengöringsmedel som används i bryggeriet vid städning av utrustning och lokaler kan pH för avloppsvattnet variera. Avloppsvattnet från ett bryggeri kan både vara mycket surt eller basiskt (Simate et al., 2011).

I tidigare studier har halter och egenskaper hos avloppsvatten från bryggerier identifierats. Att observera är att dessa parametrar är baserade på stora bryggerier och i olika delar av världen. Värdena bör däremot ge en indikation på vilken storleksgrad parametrarna hos ett mikrobryggeri har (Tabell 3).

För större bryggerier sker reningen av avloppsvattnet vanligtvis genom ett internt avloppsreningsverk med olika typer av tekniker, men för mindre bryggerier, som mikrobryggerier, är den mest vanliga metoden för att rening av avloppsvattnet

kommunal avloppsrening, detta motsvarar ungefär 90 % (Hultberg & Bodin, 2017). Den stora mängden av organiskt material och näringsämnen kan dock orsaka driftstörningar hos det kommunala avloppsreningsverket om avloppsvattnet innebär en stor del av det inkommande avloppsvattnet (IVL, 2002).

Tabell 3 Värderna på olika parametrar i ett bryggeriavlopp

Sammanställning av innehåll i bryggeriavlopp med avseende på pH, suspenderad substans, BOD, COD, totalfosfor och totalkväve baserat på litteraturgenomgång kväve (Caliskan, Giray, Gundogdu, & Azbar, 2014; Gangagni Rao et al., 2007; Murunga et al., 2016; Simate et al., 2011).

	pH	Suspenderad substans	COD	BOD	Fosfor (Tot-P)	Kväve (Tot-N)
Intervall i avloppsvatten	3–12	600 mg/L	2000-6000 mg/L	1200-3600 mg/L (BOD5)	10–50 mg/L (PO4)	50-200 mg/L

3.3 Lagar och andra krav

3.3.1 Allmänna miljökrav på verksamheter relaterat till avloppsvatten

Krav angående avloppsvattnet från en verksamhet regleras primärt i MB (1998:808). MB reglerar alla verksamheters ansvar för miljön och där bland finns till exempel hänsynsregler, regler om mark- och vattenhushållning, regler om avfall, skydd av natur samt regler om miljöfarlig verksamhet och tillstånd- och anmälningssplikt. Övergripande regler som är väsentligt för en verksamhet där avloppsvatten uppkommer är bland annat hänsynsreglerna i MB andra kapitel. Dessa kräver tillräcklig kunskap för att bedriva verksamheten, att man ska utföra skyddsåtgärder och vidta försiktighetsåtgärder i verksamheten för att förebygga och hindra att olägenhet för människans hälsa eller miljön uppkommer, minimera användningen av kemiska produkter och ersätta produkter till mindre farliga samt hushålla med råvaror och energi. Hänsynsreglerna reglerar även val av plats där platsen verksamheten ska vara på ska väljas efter lämplighet till ändamålet och uppnås med minsta intrång och olägenhet till människors hälsa och miljön.

3.3.2 Utsläpp av avloppsvatten

Att släppa ut avloppsvatten till mark eller vatten definieras som en miljöfarlig verksamhet enligt 9 kap. 1 § MB och därmed är det tillstånds- eller anmälningssplikt för att få utföra detta. Utan detta är det förbjudet enligt 9 kap. 6 § MB. Tillstånd och anmälan av miljöfarlig verksamhet sköts oftast av kommunen enligt 9 kap. 8 § MB.

3.3.3 Rening av avloppsvatten

Som tidigare nämnts definierar MB vad avloppsvatten är i 9 kap. 2 § MB, dvs. spillvatten eller annan flytande orenlighet, vatten som använts för kylning, vatten som avleds från mark inom detaljplan samt vatten som avleds för avvattning av begravningsplats. I enlighet med 9 kap. 7 § MB ska avloppsvattnet avledas och renas eller tas om hand på något annat sätt för att olägenhet för människors hälsa och miljön inte uppkommer. För att undvika detta ska lämpliga avloppsanordningar eller andra insättningar finnas.

Vid inrättande av en avloppsanordning finns anmälningssplikt eller tillståndssplikt beroende på avloppsanordningens storlek, se tabell 4 (Naturvårdsverket, 2014). Även kraven på anläggningen ökar med avloppsanordningens storlek då en större anläggning över 2000 pe kan anses medföra betydande miljöpåverkan (Naturvårdsverket, 2014). En pe motsvarar den mängd organiskt material som har biokemisk syreförbrukning

(BOD7) på 70 gram löst syre per dygn under sju dygn enligt 2 § NFS (2016:6) om föreskrifter om rening och kontroll av utsläpp av avloppsvatten från tätbebyggelse.

Tabell 4 Tillståndsplikt och miljökrav för avloppsreningsverk

Översikt över de krav som finns beroende på dimensionering av avloppsreningsverk.

Dimensionering (personer)	Dimensionering (pe)	Tillståndsplikt	Förebyggande miljökrav	Hänvisning
	>2000	Tillståndsplikt B (Tillstånd söks hos Länsstyrelsen)	MKB Provtagning och mätningar Miljörapport Egenkontroll	SFS (2013:251) SFS (1998:905) NFS (2000:15) NFS (2006:9) SFS (1998:901)
>2000		Tillståndsplikt B (Tillstånd söks hos Länsstyrelsen)	MKB Provtagning och mätningar Miljörapport Egenkontroll	SFS (2013:251) SFS (1998:905) NFS (2000:15) NFS (2006:9) SFS (1998:901)
	200-2000	Tillståndsplikt C (Anmälan till kommunens miljönämnd)	Provtagning och mätningar Egenkontroll	SFS (2013:251) NFS (2000:15) SFS (1998:901)

För avloppsanläggningar som är över 2000 pe finns begränsningar för utsläpp av BOD, COD, tot-P och tot-N. Dessa regleras i Naturvårdsverkets föreskrifter om rening och kontroll av utsläpp av avloppsvatten från tätbebyggelse (NFS 2016:6), se tabell 5. Regleringen grundas i EU-direktivet om rening av avloppsvatten från tätbebyggelse (91/271/EEG).

Tabell 5 Begränsningsvärden för avloppsanläggningar

Begränsningsanvisningarna är i enlighet med Naturvårdsverkets föreskrifter om rening och kontroll av utsläpp av avloppsvatten från tätbebyggelse (NFS 2016:6)

	≥ 2000 pe vid utsläpp till sörvatten eller flodmyrning eller ≥ 10 000 pe vid utsläpp till havs- och kustvattenområde	≥10 000-100 000 pe	
	Biokemisk syreförbrukning BOD	Kemisk syreförbrukning COD	Tot-P Tot-N
Begränsningsvärde	15 mg/l (högsta koncentration som årsmedelvärde)	70 mg/l (högsta koncentration som årsmedelvärde)	15 mg/l (högsta koncentration som årsmedelvärde)
	30 mg/l (högsta koncentration vid mättillfälle)	125 mg/l (högsta koncentration vid mättillfälle)	
Procentuell reduktion	70%	75%	70 %

För mindre anläggningar upp till 200 pe, i form av enskilt avlopp, finns inga begränsningsvärden i lagen, däremot måste avloppsvattnet behandlas så inte olägenhet för människors hälsa och miljön uppstår (Länsstyrelsen Västra Götalands län, 2009). Detta är beroende på hur känslig mark, vatten och andra naturresurser som finns i omgivningen är (Länsstyrelsen Västra Götalands län, 2009). Naturvårdsverket har däremot allmänna råd (2006:7) med reduktionskrav för anläggningar upp till 25 pe, se tabell 6. Dessa tillämpas även för anläggningar upp till 200 pe (Rivera, 2006). Med ökad belastning ställs högre krav på avloppsvattnets rening, dessa krav ställs av de kommunala tillståndsmyndigheterna (Rivera, 2006).

Tabell 6 Reduktionskrav för avloppsanläggningar

Naturvårdsverkets allmänna råd (2006:7) för reduktionskrav för anläggningar upp till 25 personer

Reduktion av ämnen	Miljöskydd Normal nivå	Miljöskydd Hög nivå
BOD7	90%	90%
Fosfor (tot-P)	70%	90%
Kväve (tot-N)	Inga krav	50%

I Naturvårdsverkets allmänna råd (2006:7) ska anläggningen även använda utrustning med begränsande vattenanvändning, använda fosfatfria tvättmedel och kemikalier, återvinna näringsämnen ur avloppsfraktioner samt minimera risk för smitta eller annan olägenhet för djur i den mån som är möjlig.

3.4 Val av avloppsreningslösning

För alla typer av reningslösningar finns ett flertal aspekter att tänka på, framför allt miljömässiga aspekter men även andra aspekter som hur mycket reningstekniken behöver underhållas och hur kostsam reningstekniken är. Miljömässiga aspekter som bör beaktas är storlek på utsläppet, reningskrav, driftstabilitet och resurshushållning medan utrymmesbehov och behovet av kontroll och skötsel samt kapital och driftkostnader är andra aspekter som kan avgöra valet av reningslösning (Persson, 2005).

Vid valet av avloppsreningslösning finns många lokala förutsättningar som är avgörande. För mindre avloppsanläggningar sätter skyddsnivån för marken krav på reningsgrad vilket definieras under lagar och andra krav. Skyddsnivån beror på känsliga områden i närheten exempelvis dricksvattentäkter. Även geologiska förutsättningar är viktiga. Exempelvis spelar jordart stor roll för förmågan att filtrera ner avloppsvattnet ner i jorden. (Naturvårdsverket, 2008b)

3.5 Kommunal avloppsvattenrening

Idag är de flesta privatpersoner kopplade till kommunal avloppsvattenrening, omkring 7 800 000 personer, och även flertal industrier är kopplade till kommunalt avlopp (Naturvårdsverket, 2012). Kommunal avloppsvattenrening är inte en specifik reningsmetod utan använder flera typer av reningsmetoder för att få avloppsvattnet rent. Vissa av de grundläggande metoderna är däremot standard på svenska reningsverk men kan förekomma i olika varianter (Persson, 2005). Nedan förklaras de olika metoderna.

Samtliga reningsverk inleder reningen genom en mekanisk rening (Naturvårdsverket, 2012). Under den mekaniska reningen tas fasta partiklar bort. Vattnet går genom galler, sandfång och försedimentering där gallret tar bort de största partiklarna, sandfånget fångar upp partiklar som sedimenterar och försedimenteringen tar bort fler partiklar i avloppsvattnet. Avloppsvattnet renas ofta med kemisk rening i samband med försedimenteringen. Under den kemiska reningen är det framför allt fosfor som avloppsvattnet renas från. För att få bort fosfor används fällningskemikalier som aluminium eller järn binder till fosfor och faller ut. Detta

samlas sedan i flockar som kan avskiljas genom exempelvis sedimentering. Kemisk rening kan ta bort ungefär 90 % av fosfor. Efter den kemiska reningen renas avloppsvattnet genom biologisk rening. Biologisk rening används för att ta bort organiskt material i avloppsvattnet och till hjälp för detta används mikroorganismer, framför allt bakterier. Mikroorganismerna gör att 90 % av det organiska materialet omvandlas och under processen förbrukas även ungefär 20 % kväve. Även mikroorganismerna kan sedan avlägsnas genom sedimentering. Utöver de steg som redan förklarats har vissa reningsverk även ett steg för kväverening. Kvävet kan tas bort genom olika typer av mikroorganismer som kan arbeta i syrefattig eller syrerik miljö. Genom att föra avloppsvattnet från en bassäng med närvaro av syre omvandlas ammoniumet till nitrat, därefter förs avloppsvattnet till en syrefri bassäng där nitraten omvandlas till kvävgas. På detta sätt renas avloppsvattnet från kväve till 50-75 %. (Naturvårdsverket, 2012)

Vid kommunal avloppsvattenrening bildas ett avfall i form av slam (Naturvårdsverket, 2012). Slammet påminner mycket om stallgödsel men i slam finns biprodukter som bland annat tungmetaller, läkemedelsrester och patogener (Jordbruksverket, 2004; Naturvårdsverket, 2012) För spridning av slam på åkermark finns restriktioner för godkända halter i slampartier och maxgivor (Jordbruksverket, 2004).

3.5.1 Utsläpp av avloppsvatten till kommunalt avlopp

Vid användning av kommunens avloppsvattenrening ska bestämmelser från kommunen följas. Dessa finns i Allmänna bestämmelser för brukande av den allmänna vatten- och avloppsanläggningen (ABVA) och kan skilja sig mellan kommuner (VASAM, 2009). I sydvästra Skåne är det VA Syd tillsammans med Kävlinge, Lomma, Staffanstorps, Svedala, Trelleborg och Vellinge som tillsammans tagit fram ABVA (VASAM, 2009). I tilläggsbestämmelserna till ABVA finns begränsningar riktade mot industrier och andra verksamheter. Värden som är väsentliga för bryggeriverksamhet sammanfattas nedan i tabell 7 (VA SYD, 2010). Begränsningsvärdenas syfte är framför allt att motverka svårigheter i avloppsreningsprocessen och negativ påverkan på ledningssystemet. pH kan ge skador på ledningar medan suspenderad substans kan leda till igensättningar. För att det kommunala avloppsreningsverket ska kunna rena avloppsvattnet från organiska ämnen ställs även krav på avloppsvattnets nedbrytbarhet (VA SYD, 2010).

Tabell 7 Begränsningsvärden för spillvatten till kommunalt avloppsreningsverk

Ett urval av begränsningsvärden i enlighet med ABVA, från VA SYD (VA SYD, 2010)

Egenskap	Begränsningsvärde
pH (min-max)	6,5-10
Suspenderad substans	40 mg/l
Nedbrytbarhet	BOD7/COD>0,5

3.6 Internt avloppsreningsverk

Ett internt reningsverk tillämpar ungefär samma principer som vid ett kommunalt avloppsreningsverk men de olika stegen kan appliceras efter behov (Persson, 2005). Det interna avloppsreningsverket går också att anpassa efter storlek på utsläppet, från att ha ett litet reningsverk (paketreningsverk eller minireningsverk) för utsläpp som motsvarar ett hushåll till stora reningsverk som liknar ett kommunalt avloppsreningsverk (Naturvårdsverket, 2008a, 2008b). I ett minireningsverk tillämpas vanligtvis sedimentering av fasta partiklar, biologisk rening och kemisk rening (Naturvårdsverket, 2008b). Den biologiska reningen är den känsligaste av reningsstegen då den omfattas av mikroorganismer för nedbrytning av organiskt material (Persson, 2005). Den biologiska reningens känslighet innebär att avloppsreningen måste skötas för att reningen ska fungera bra (Persson, 2005). Framför allt den biologiska reningen gynnas även av större och mer stabila avloppsreningsanordningar i och med att små flöden ofta är ojämna i fråga om näringsämnen och organiskt material (Naturvårdsverket, 2008b). I och med detta är det ofta vanligt att flera hushåll går ihop för att investera i ett minireningsverk för hushållsavloppet (Naturvårdsverket, 2008a, 2008b) .

Vid god skötsel av ett internt reningsverk finns god reningspotential, framför allt av syreförbrukande ämnen och fosfor medan reduktionen av kväve är sämre, se tabell 8. Det krävs dock underhåll, både i form av att fylla på kemikalier som att se till att mikroorganismerna har de förutsättningar som krävs för att kunna rena i den biologiska processen (Naturvårdsverket, 2008a; Persson, 2005). Vid avloppsvattenreningen bildas slam, likt som för kommunal avloppsvattenrening (Naturvårdsverket, 2008a). Slammet är fosforrikt och kan spridas som gödsel alternativt krävs omhändertagande i form av upphämtning av slammet och vidare behandling (Naturvårdsverket, 2008a).

Tabell 8 Reningsgrad och återföringspotential för ämnen i avloppsvatten vid användning av minireningsverk

Indikation på förväntad reningsgrad vid användning av minireningsverk. Slam som bildas kan användas som gödningsmedel (Naturvårdsverket, 2008a).

Ämne	Reningsgrad	Återföringspotential
BOD7	> 90 %	-
Fosfor	90 %	> 90 %
Kväve	30-60 %	< 20 %

3.7 Infiltration och markbädd

Genom en infiltrationsanläggning används naturens egna fysiska och kemiska egenskaper för att rena avloppsvattnet (Persson, 2005). En förutsättning för att använda infiltration som avloppsteknik är att först ha en slamavskiljare. Slamavskiljaren är viktig för att undvika att sätta igen porer i infiltrationsanläggningen. Den främsta förutsättningen för en infiltrationsanläggning är de geologiska förhållandena. Om jordarten är sådan att avloppsvattnet rinner snabbt igenom finns risk att kontaminera grundvatten och om jordarten har låg genomsläpplighet finns inte någon möjlighet för avloppsvattnet att filtrera ner. Siktcurvor i ett jordprov kan användas för att avgöra vilka förutsättningar marken har (Persson, 2005). Även växtligheten runt omkring är avgörande och om marken omkring är tät kan även denna användas för att ta upp vattnet. Om avloppsvattnet har svårt att filtrera ner kan en större yta användas istället. Även grundvattnet är en förutsättning för att kunna använda en infiltrationsanläggning. Grundvattnet måste minst vara en meter under infiltrationsanläggningen (Persson, 2005).

Om inte marken har de förutsättningar som krävs för infiltration kan istället en markbädd användas där infiltrationens teknik att filtrera genom jordlager används men inom en markbädd (Persson, 2005). Byggs en tät markbädd kommer därför inte avloppsvattnet ner i marken utan det filtrerade vattnet kan i ett senare skede ledas bort till exempelvis ett dike (Naturvårdsverket, 2008a). Infiltration- och markbäddanläggningars förmåga att fånga upp fosfor blir sämre med åren. En ny anläggning har bra fosforreduktion, upp till 90 % medan en äldre anläggning, 10 år, endast reducerar 25 % av fosfor i avloppsvattnet (Persson, 2005). För att minska utsläppet av fosfor kan anläggningen kompletteras med annan reningsteknik så som kemisk fällning eller fosforfilter.

Baserat på ett hushållsavlopps föroreningar har Naturvårdsverket sammanställt förväntade reningsgrader i infiltrationsanläggningar och markbädd med fokus på små

avlopp upp till fem pe (Naturvårdsverket, 2008a). En infiltrationsanläggning och markbädd är framför allt bra på att rena avloppsvattnet från organiskt material medan reningen av kväve och fosfor är betydligt lägre (Naturvårdsverket, 2008a). Se tabell 9 för reningsgrad hos infiltrationsanläggningar och markbäddar.

Markbädden och infiltrationsanläggningens storlek är beroende på avloppets volym och föroreningsmängd (Persson, 2005). För infiltrationsanläggningen är även markens egenskaper i form av genomsläpplighet avgörande (Persson, 2005). Det finns möjlighet att använda markbäddar och infiltration på relativt stora avlopp, upp mot 200-300 pe (Naturvårdsverket, 1991).

Tabell 9 Reningsgrad hos infiltrationsanläggningar och markbäddar (Naturvårdsverket, 2008a)

Näringsämne	Infiltration	Markbädd
Kväve	20-40 %	10-40 %
Fosfor	25-90 %	25-75 %
BOD7	90-95 %	<90 %

3.8 Växtsystem

Det finns en rad olika typer av avloppslösningar som tillämpar växternas möjlighet att ta upp näringsämnen (Naturvårdsverket, 2008a). De vanligaste lösningarna är bevattning av olika typer av grödor, rotzonsanläggningar och pilträdsanläggningar (Naturvårdsverket, 2008a). Rotzonsanläggningar innebär installation av filterlösningar medan de andra enbart innebär spridning på redan befintlig mark eller plantering av grödor eller träd, de senare beskrivs nedan (Naturvårdsverket, 2008a).

3.8.1 Spridning på åkermark

För mindre avlopp kan någon typ av småskalig avloppshantering användas (Persson, 2005). Bland dessa kan till exempel någon typ av naturligt system användas genom att använda växter som tar upp näringsämnen i avloppsvattnet (Persson, 2005). Eftersom avloppsvatten har mycket näringsämnen är det idag vanligt att det slam som bildas som avfall vid de kommunala reningsverken används som gödsel för att ta till vara på näringsämnen (Albertsson, 2016). Detta gödsel påminner mycket om stallgödsel (Jordbruksverket, 2016a). Näringsämnen som återfinns i stallgödsel finns sammanställt i tabell 10.

Tabell 10 Näringsinnehåll i stallgödsel

Utdrag från Jordbruksverket om näringsämnen i vissa stallgödsel angett i kg/10 ton (Jordbruksverket, 2016b)

Gödseltyp	Kväve	Fosfor	Kalium
Flytgödsel från nöt (9 % TS-halt)	43	6	38
Flytgödsel från svin (8 % TS-halt)	36	8	19
Urin från nöt (täckt behållare)	35	<1	50
Urin från svin (täckt behållare)	18	2	12

Hur mycket näringsämnen kan tillföras till åkermarken beror på markens egenskaper, och vilken gröda som växer på åkermarken (Albertsson, 2016). Därför bör en markkartering göras innan gödsling för att veta vilka förutsättningar marken har (Albertsson, 2016).

3.8.2 Energiskog

Ett alternativ till växtsystem är att använda sig av energiskog som exempelvis *Salix* för att ta upp näringsämnen i avloppsvattnet (Persson, 2005). Genom energiskog kan stora mängder näringsämnen tas upp och därmed rena avloppsvattnet samtidigt som det ger näring till växterna. Energiskog har framför allt studerats som en reningsmetod för kommunal avloppsvattenrening (Börjesson & Berndes, 2006; Hasselgren, 1998; Perttu, 1999) då det finns stor potential, både miljömässigt, energimässigt och ekonomiskt (Börjesson & Berndes, 2006; Perttu, 1999).

Näringsammansättningen som *Salix* kräver för tillväxt är 100:14:72 (N:P:K). Och utifrån de förutsättningar som finns i kommunalt avloppsvatten är näringsammansättningen näst intill optimal för *Salix*. Jämförelsevis med kommunalt avloppsvatten är näringsammansättningen 100:17,5:64. En annan viktig komponent för tillväxt är vatten, vilket också är till fördel vid gödsling med avloppsvatten. Studier visar även på ett lågt näringsläckage vid tillsats av relativt hög tillsats av näringsämnen se tabell 11 (Hasselgren, 1998). Gödsling av *Salix* gjordes under perioden maj-oktober (Hasselgren, 1998).

En viktig aspekt vid avloppsrening genom energiskog är däremot att ha rätt förutsättningar i jorden (Börjesson & Berndes, 2006). Framför allt är jordarten en viktig aspekt där sandig jord är till fördel framför leriga jordar. Även dräneringssystem från åkermarken är till fördel för avloppsrening genom energiskog (Börjesson & Berndes, 2006).

Det finns även rekommendationer för gödsling av *Salix* hos Jordbruksverket som kan följas för att undvika näringsläckage (Albertsson, 2016).

Tabell 11 Tillsats av näring och näringsläckage

Studie av tillsatt näring i form av avlopp och uppmätta nivåer av näringsläckage vid gödsling av Salix i kg/ha (Hasselgren, 1998)

	Kväve	Fosfor	Kalium	BOD7
Gödsling	166 kg	22 kg	174 kg	-
Näringsläckage	3-7 mg/L	0,1-0,4 mg/L	-	5 mg O ₂ /L
Reningsgrad genom växtupptag	85-95 %	95-96 %	-	91-98 %

Energiskog står ca 20-25 år och ger biomassa som sedan kan användas till exempelvis energiproduktion (Börjesson & Berndes, 2006). Både spridning av avloppsvattnen på åkermark och på energiskog är begränsad till sommarhalvåret (Persson, 2005).

4 Resultat

4.1 Enkätundersökningen

Enkätundersökningen omfattades av 56 mikrobryggerier i Sverige, av dessa svarade 20 på enkäten och ett bryggeri hyrde in sig hos ett annat bryggeri. Utav de bryggerier som svarade var avloppslösningarna uppdelade i:

Direkt till kommunalt avlopp (11 st)

Intern rening (7 st)

Annan lösning (2 st)

Av de som svarade på enkäten hade många av bryggerierna utsläpp direkt till kommunalt avloppsreningsverk. För de med intern rening hade bryggerierna olika lösningar, från kompletta lösningar till mindre interna lösningar för att uppfylla kraven för utsläpp till kommunalt avlopp. För de med andra lösningar rörde det sig om spridning av avloppsvatten på åkermark, infiltration och internt avloppsreningsverk. Lösningarna för rening av avloppsvatten finns sammanställda i tabell 12.

I enkätstudien identifierades de steg i reningsprocessen som flera eller bara något av bryggerierna använde. Dessa var pH-utjämning, utjämningstank för flödesvariationer, slamavskiljare, fettavskiljare, infiltration, sedimentering av fasta partiklar, biologisk rening, kemisk rening och membranfiltrering. För många av bryggerierna tillämpades pH-utjämning för att få ett mer neutralt pH samt användning av utjämningstank för att jämna ut fluktuationer i avloppsvattnet innan avloppsvattnet går vidare till kommunal avloppsrening. För att sortera ut större partiklar i avloppsvattnet har slamavskiljare eller sedimenteringsbassänger använts. För att sedan rena avloppsvattnet vidare har lösningar som infiltration samt kemisk och biologisk rening använts. Membranfiltrering används för att separera det reade avloppsvattnet från slammet.

Tabell 12 Sammanställning av enkätundersökningen

Avloppsvattenlösningar uppdelade på större och mindre mikrobryggerier. För vissa bryggerier finns mindre interna vattenreningslösningar innan avloppsvattnet går vidare till kommunal avloppsvattenrening, vilka står specificerat under kommunalt avlopp. I den sista kolumnen förklaras vilka steg som identifierades vid enkätstudien, bryggerierna kan därmed ha en eller flera av dessa stegen.

Bryggeristorlek	Antal	Avloppsvattenlösning	Förekommande steg i intern rening
Mindre mikrobryggerier <200 000 l/år	15	Infiltration (1 st) Växsystem (åkermark) (2 st) Kommunalt avlopp (9 st samt 3 st efter intern rening)	pH-utjämning Utjämningstank för födesvariationer Slamavskiljare Fettavskiljare Infiltration med septitank
Större mikrobryggerier >200 000 l/år	5	Internt vattenreningsverk (1 st) Kommunalt avlopp (2 st samt 2 st efter intern rening)	pH-utjämning Sedimentering av fasta partiklar Utjämningstank för födesvariationer Biologisk rening Kemisk rening Membranfiltrering

4.2 Fallstudien Remmarlöv Gårdsbryggeri

4.2.1 Avloppsvattnets karaktär hos Remmarlöv Gårdsbryggeri

Remmarlöv Gårdsbryggeris avloppsvatten visar på höga halter av organiska ämnen vilket visas i form av COD och BOD. Avloppsvattnet från Remmarlöv Gårdsbryggeri har även lågt pH. Avloppsvattnets karaktär samt riktvärden för bryggeriavlopp, hushållsavlopp och beräkning av pe utifrån de olika parametrarna finns sammanställda i tabell 13.

Tabell 13 Egenskaper hos Remmarlöv Gårdsbryggeris avloppsvatten

Analyserade ämnen och egenskaper i avloppsvattnet från Remmarlöv Gårdsbryggeri. Provtagning och beräkning, se Bilaga 2. Jämfört med bryggeriavlopp och hushållsavlopp.

Egenskaper	Remmarlövs Gårdsbryggeri	Bryggeriavlopp	Hushållsavlopp	Pe baserat på ämne/parameter
Suspenderad substans	0,36 g/L	0,6 g/L	0,253 g/L	1,42 pe
BOD7	9800 mg/L	1200-3600 mg/L (BOD5)	280 mg/L	35,0 pe
COD	14 000 mg/L	2000-6000 mg/L	553 mg/L	25,9 pe
Tot-N	170 mg/L	50-200 mg/L	80 mg/L	2,17 pe
Tot-P	91 mg/L	10-50 mg/L	12 mg/L	7,80 pe
pH	4,28	3-12	-	-

För beräkning av pe är vanligast att utgå från BOD7 men i och med att fosforhalterna är relativt höga i jämförelse med ett hushållsavlopp kan även pe med utgångspunkt från fosforhalt vara av intresse. Antalet pe som Remmarlövs avloppsvatten motsvarar är idag 35 personer vid beräkning utifrån BOD7, nästan 26 personer utifrån COD och nästan 8 personer vid beräkning utifrån totalfosfor (för beräkning, se bilaga 3). För totala mängder näringsämnen per år se tabell 14.

Tabell 14 Total mängd näringsämnen per år i Remmarlövs avloppsvatten

Näringsämnen på årsbasis. För beräkning se Bilaga 3.

Analyserade ämnen	Koncentration (mg/L)	Näringsämnen (kg/år)
Tot-N	173,6	43,4
Tot-P	91,4	22,9

4.2.2 Skyddsnivå

Inom området för Remmarlov Gård finns en grundvattentäkt (VISS, 2017). Uttagningsmöjligheten för tåkten är mellan 2-6 m³/h (VISS, 2017). Det finns inte idag någon vägledning för att ange vad som bör bedömas som normal eller hög nivå för miljöskydd utan detta avgör kommunen men det finns däremot kriterier för vad som kan betraktas som en skyddsnivå. Hög nivå innebär inom kriterierna att utsläppet ska kunna ha negativ inverkan på ett område som är upptaget i registret över skyddade områden (Naturvårdsverket, 2008b). I området vid Remmarlov Gård finns inga skyddade områden (Naturvårdsverket, 2017). Därmed bör området ha normal skyddsnivå.

4.2.3 Reduktionskrav

Den främsta belastningen på Remmarlöv Gårdsbryggeris avloppsvatten är det organiska material som finns i avloppsvattnet. Detta presenteras i BOD och COD och motsvarar 35 personers belastning för BOD och ungefär 26 personers belastning för COD. Avloppsvatten dimensionerade upp till 25 pe förhåller sig till Naturvårdsverkets allmänna råd (2006:7) men även för större anläggningar upp till 200 pe tillämpas dessa råd (Rivera, 2006). I och med att området klassificeras som normal skyddsnivå innebär detta reduktionskrav för BOD7 (90 % reduktion) och tot-P (70 % reduktion). Vilka krav som ställs på anläggningen bedöms dock alltid utifrån det enskilda fallet för att säkerställa att inte olägenhet för människors hälsa och miljön uppkommer (Rivera, 2006).

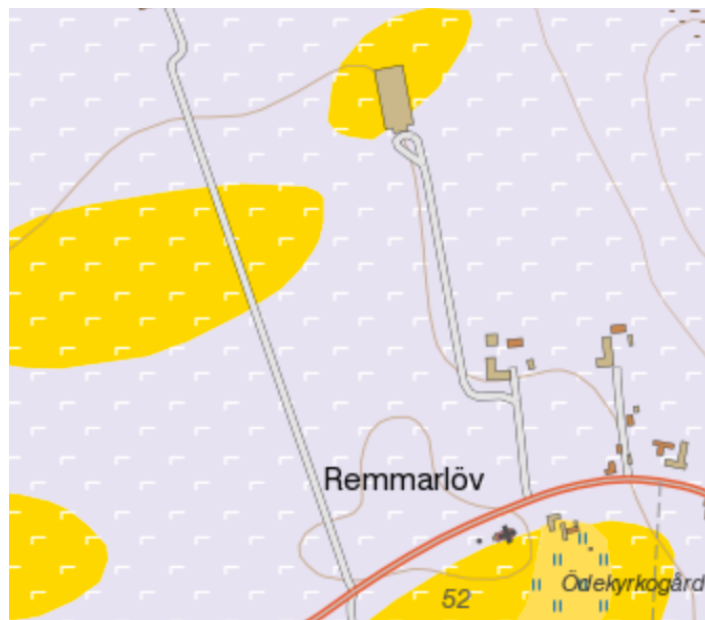
Då Remmarlöv Gårdsbryggeris verksamhet avser att växa innebär detta även att avloppsvattnets belastning kommer att öka. Lagstadgade krav för rening av avloppsvatten och kontrollprogram finns reglerade från 200 pe i Naturvårdsverkets föreskrifter om rening av utsläpp av avloppsvatten från tätbebyggelse (NFS 2016:6).

För anläggningar som är mellan 25 och 200 pe, som Remmarlöv Gårdsbryggeri belastning sannolikt kommer vara mellan, finns inga lagstadgade krav. Med ökad belastning ställs däremot högre krav på avloppsvattnets rening, dessa krav ställs av de kommunala tillståndsmyndigheterna. Vanligtvis finns få krav för avloppsreningsanläggningar under 100 pe. (Rivera, 2006)

För kommunal rening innebär detta att två värden som är väsentliga för bryggeriverksamheten ligger utanför de intervall som finns i ABVA, pH och suspenderad substans. Nedbrytbarheten, dvs. kvoten COD/BOD7 ligger inom gränsen för ABVA.

4.2.4 Geologiska förutsättningar

Grundvattentäkten som finns i området för Remmarlöv Gård är en sedimentär bergförekomst med en grundvattennivå på 0 meter. Jordarterna som finns i området presenteras i en jordartskartan, se figur 4. Jordarterna i området för Remmalöv Gård är framför allt moränfinlera och glacial finlera och har därmed låg genomsläpplighet. (SGU, 1984) I området kring Remmarlöv Gård finns åkermark med dränering en meter under marken (H. Nilsson, personlig kommunikation, 27 april 2017). Detta leds till ett dike som med hjälp av kopplingrör gör att det finns möjlighet till att göra mätningar på det inkommande vattnet (H. Nilsson, personlig kommunikation, 27 april 2017).



Figur 1 Jordartskarta över Remmarlöv

Jordartskartan visar att Remmarlövs Gårdsbryggeri ligger på mark med moränfinlera (lila) och glacial finlera (gul) (SGU, 1984)

4.2.5 Ellinge avloppsreningsverk

Om Remmarlöv Gårdsbryggeri skulle ansluta till kommunalt avloppsreningsverk skulle deras spillvatten ledas till Ellinge avloppsreningsverk som ligger ungefär 6 km från Remmarlöv. I detta reningsverk renas avloppsvattnet med hjälp av mekanisk, biologisk och kemisk rening (VA SYD, 2015). Utgående halter för Ellinge avloppsreningsverk finns i tabell 15. Det slam som bildas vid Ellinge avloppsreningsverk rötas och bildar biogas och det resterande avfallet sprids på åkermark som gödsel (VA SYD, 2015).

Tabell 15 Tabell över Ellinge avloppsreningsverks utsläpp och reningsgrad

Utsläppsvärden i årsmedelvärden för Ellinge avloppsreningsverk, vilket är aktuellt reningsverk om Remmarlöv Gårdsbryggeri skulle ansluta sig till kommunal avloppsvattenrening (VA SYD, 2015).

	Utgående halt (mg/l)	Utgående mängd (ton/år)	Reningsgrad (%)
BOD7	4,5	19,4	99
COD-Cr	37	159	96
TOC	12	50	-
P-tot	0,16	0,68	98
N-tot	7,0	30	84
NH₄-N²	2,0	8,5	90

5 Diskussion

Avloppsreningslösningar är på många sätt anpassningsbara efter avloppets förutsättningar. Genom olika typer av försteg kan avloppets rening bli mycket god oavsett lösning. Kommunal avloppsvattenrening har däremot mycket hög reningsgrad och kontrollen efter reningen är mycket god.. Det är däremot en mycket kostsam reningsmetod för Remmarlöv Gårdsbryggeri. Interna reningslösningar som ett internt reningsverk eller markbädd har goda förutsättningar för att kontrollera att avloppsvattnet renas i den grad som Naturvårdsverkets allmänna råd uppger medan en infiltrationslösning eller växtupptagslösning oftast inte går att kontrollera. Då Remmarlöv Gårdsbryggeri har åkermark kring sin gård finns dränering som slutar i ett dike. På det sättet kan även växtupptagslösningar kontrolleras genom provtagning i diket. Remmarlöv Gårdsbryggeri har även förmånen att ha stora ytor och behöver därför inte begränsas i valet av reningsmetod på grund av platsbrist.

5.1 Förutsättningar för kommunal avloppsvattenrening

Vid kommunal avloppsvattenrening är det framför allt vanligt att avloppsvatten från bryggerier har mycket högt eller lågt pH och att det förekommer fluktuationer i utloppet (Svenskt Vatten, 2012b). Genom att jämna ut pH-värdet så det är inom det spann som anges av ABVA, se tabell 16, och samla upp det i en uppsamlingstank för att undvika fluktuationer kan dessa värdena vara inom ramen för ABVA.

Tabell 16 Jämförelse mellan regler i ABVA och uppmätta värden i Remmarlöv Gårdsbryggeris avloppsvatten

Parameter	Värden i ABVA	Uppmätt värde
pH	6,5-10	4,28
Suspenderad substans	40 mg/L	360 mg/L
Nedbrytbarhet	BOD7/COD>0,5	9800/14000mg/L=0,68

Utifrån de värden som Remmarlöv Gårdsbryggeri har på sitt avloppsvatten behöver avloppsvattnet behandlas för att i ett senare skede kunna skickas vidare till kommunalt avlopp.

För att minska suspenderad substans i avloppsvattnet kan mekanisk rening tillämpas (Persson, 2005). Anledningen till varför inte avloppsvattnet kan gå direkt till kommunal avloppsvattenrening med hög koncentration av suspenderad substans är för igensättningsrisker (VA SYD, 2010). Beroende på vilken storlek de partiklar som finns i avloppsvattnet har används olika typer av mekanisk rening och även flera typer av mekanisk rening kan användas för att sortera bort olika stora partiklar i flera steg. Den mekaniska reningen kan ske genom exempelvis olika typer av filterlösningar vilka kan ha olika maskvidder. Exempel på filterlösningar är trumsilar, bågsilar och filter (så som sandfilter). Beroende på avloppsvattnets egenskaper, dvs. om partiklarna och avloppsvattnet har olika densitet kan sedimentation användas för att avskilja avloppsvattnet från partiklar. Eftersom Remmarlöv Gårdsbryggeri har naturliga bassänger där avloppsvattnet kan sedimentera kan därför denna metod vara fördelaktig i val av partikelavskiljningsmetod (Persson, 2005). Många kommuner tar ut extra avgifter för höga halter organiskt material och suspenderande ämnen från industriavlopp vilket innebär att det finns möjlighet att betala en avgift framför att rena internt (Simrishamns kommun, 2008).

Remmarlöv Gårdsbryggeris avloppsvattnen har en sur karaktär utanför den gräns som accepteras vid kommunal vattenrening. En trolig förklaring till avloppsvattnets sura karaktär är att de jästbakterier som finns i avloppsvattnet fermenterar under den tiden som avloppsvattnet står (Mercer, 2014). Skulle därför Remmarlöv ansluta till kommunalt avloppsnät skulle avloppsvattnets karaktär vara mer neutral. Många bryggerier använder sig av pH-utjämnare för att på samma sätt kunna neutralisera avloppsvattnet. pH utjämnare är en syra eller bas som tillsätts i avloppsvattnet. Beroende på vad man önskar för egenskaper på avloppsvattnet kan olika typer av syra och baser tillsättas. Enkla pH-utjämnare för att höja pH värdet är lut, kalksten och bränd eller släckt kalk medan svavelsyra används för att sänka pH-värdet (Brewers Association, 2017; Persson, 2005). Lut är något dyrare än de andra lösningarna men löser sig snabbare i avloppsvattnet medan kalk är billigare men kan ge fällningar (Persson, 2005).

Då kvoten mellan BOD och COD är över 0,5 klassificeras avloppsvattnet som lättnedbrytbart och behöver inte renas med avseende på organiska ämnen i avloppsvattnet innan det skickas vidare till kommunal avloppsrening.

Kostnaden för anslutning till kommunalt avlopp för Remmarlöv Gårdsbryggeri skulle uppgå till omkring 1,5 miljoner (Nilsson, personlig kommunikation, 13 februari 2017).

5.2 Förutsättningar för avloppsrening genom ett internt reningsverk

För ett av bryggerierna i enkätstudien tillämpades ett internt reningsverk för rening av avloppsvattnet. Ett internt avloppsreningsverk till skillnad från olika växtsystemlösningar, infiltration och markbäddar är en sluten lösning (Naturvårdsverket, 2008a). Detta innebär att inte samma hänsyn behöver tas till de geologiska förutsättningarna då inte avloppsvattnet kommer nå marken förrän avloppsvattnet är renat. Hänsyn bör dock tas till att det interna avloppsreningsverket inte har samma kapacitet till att rena avloppsvattnet från kväve, till skillnad från övriga ämnen, vilket därför kommer att bidra till förhöjda halter i den mark som vattnet släpps ut i.

I och med den slutna lösningen innebär detta att risk för näringsläckage och syreförbrukande ämnen i avloppsvattnet är låg i jämförelse med andra reningslösningar för Remmarlöv Gårdsbryggeri. Genom att avloppsreningslösningen är sluten innebär detta även att det är enkelt att kontrollera hur väl reningsprocessen fungerar och på så sätt göra ändringar i reningsprocessen om utsläpp av näringsämnen eller andra värden skulle visa sig höga.

Precis som för andra reningstekniker krävs förreningssteg på grund av suspenderade ämnen och lågt pH för att den resterande reningen ska fungera bra. För Remmarlöv Gårdsbryggeri skulle detta innebära reningssteg i form av slamavskiljare och pH-utjämning. En annan aspekt som är till fördel för ett internt avloppsreningsverk är möjligheten att dimensionera de olika stegen utifrån det specifika avloppet, om den biologiska reningen och den kemiska reningen är två separata steg kan stegen dimensioneras olika stora med hänsyn till halten organiskt material och fosfor. Ytan som krävs för installation av ett internt reningsverk är ungefär 0,1-1 m²/pe (JTI, 2015).

En viktig aspekt att ta hänsyn till vid installation av ett internt reningsverk är att det oftast är en mer kostsam reningsteknik som kräver skötsel och kunskap om reningsprocessen (Naturvårdsverket, 2008a). Till exempel behöver kemikalier fyllas på och för att den biologiska reningen ska fungera bra krävs viss driftövervakning för att se till att mikroorganismerna har goda förutsättningar (Naturvårdsverket, 2008a).

5.3 Förutsättningar för avloppsrening genom infiltration och markbädd

Eftersom en infiltrationsanläggning till stor del är beroende på geologiska egenskaper är inte infiltration en lösning som passar för alla bryggerier (Persson, 2005). De avgörande faktorerna för avloppsrening genom infiltration är framför allt vilka jordlager som finns i marken som infiltrationsanläggningen ska vara i och grundvattennivån (Persson, 2005). I Remmarlöv är förutsättningarna för en infiltrationsanläggning inte optimala utifrån dessa faktorerna. Jordlagret i Remmarlöv består av olika typer av lera med dålig genomsläpplighet, se kapitel 4.2.4. Dessutom finns en ytlig grundvattenförekomst. Däremot gör växtligheten i området att vattnet i större utsträckning kan tas upp (Persson, 2005). Även Remmarlövs egna dricksvattenbrunn finns inom området och därför kan en markbädd vara säkrare för att undvika att kontaminera grundvattnet och istället leda det filtrerade vattnet till ett dike.

Genom markbädden finns också möjlighet att i större utsträckning kontrollera avloppsanläggningens förmåga att rena avloppet jämfört med infiltrationsanläggningen och därmed kan Remmarlöv lägga till behövliga steg i reningen (Naturvårdsverket, 2008a). För att markbädden ska fungera bra och inte porerna ska sättas igen bör avloppsvattnet gå igenom en slamavskiljare innan det når markbädden (Naturvårdsverket, 2008a). Eftersom Remmarlövs avloppsvatten har hög halt fosfor jämfört med ett vanligt hushållsavlopp och en markbädds förmåga att reducera fosfor är begränsad bör även fosforfällning användas (Naturvårdsverket, 2008a). Fosforfällningen kan tillsättas i samband med en slamavskiljare vilket ger ett fosforrikt slam som senare kan användas som gödsel (Naturvårdsverket, 2008a). Vilken dimensionering Remmarlöv skulle ha på sin markbädd är beroende på jordens genomsläpplighet (Uponor, 2013). Mer exakta dimensioner går att se hos olika tillverkare men en utgångspunkt för vilken dimensionering markbädden behöver ha är beroende på hur många pe avloppet motsvarar (Uponor, 2013). Eftersom markbädden främst är till för att reducera BOD bör dimensioneringen utgå från avloppets storlek baserat på BOD medan fosforfällningen bör utgå från pe beräknat utifrån totalfosfor. Ytan för att anlägga en markbädd eller en infiltration är ungefär 3-10 m²/pe (JTI, 2015).

5.4 Förutsättningar för avloppsrening genom växtsystem

För två av bryggerierna har lösningen för avloppsvattnet varit att sprida avloppsvattnet på åkermark. Detta kan ses som en typ av växtsystem då det finns näringsämnen i avloppsvattnet som tas upp av grödorna. För att få en indikation på vilket näringsinnehåll avloppsvattnet har i jämförelse med gödsel jämförs avloppsvattnet med stallgödsel. I tabell 17 återfinns jämförelsen mellan stallgödsel och Remmarlövs avloppsvatten.

Tabell 17 Avloppsvattnet från Remmarlöv Gårdsbryggeri samt stallgödrels sammansättning av näringsämnen

Som jämförelse med stallgödsel har urin från svin använts. Detta för att enkelt kunna omvandla vikt till volym och kunna jämföra med avloppsvattnet. Stallgödsel i form av urin från svin har också lägst koncentration av näringsämnen.

Näringsämne	Stallgödsel	Avloppsvattnet från Remmarlöv
Kväve	1800 mg/L	170 mg/L
Fosfor	200 mg/L	91 mg/L
Kvot mellan fosfor och kväve	1:9	1:1,9

Stallgödsel i jämförelse med avloppsvattnet från Remmarlöv har en betydligt högre koncentration av näringsämnena kväve och fosfor. Att beakta är däremot balansen mellan kväve och fosfor. Kvoten mellan fosfor och kväve visar att det är betydligt mer fosfor i förhållande till kväve i avloppsvattnet från Remmarlöv jämfört med stallgödsel.

Utöver näringsämnena finns även andra ämnen och egenskaper hos avloppsvattnet som måste tas hänsyn till vid spridning på åkermark. Eftersom det organiska materialet är syreförbrukande, det mått som anges som BOD7, när det bryts ned är det framför allt viktigt att inte avloppsvattnet når känsliga områden så som övergödda sjöar (Länsstyrelsen Dalarnas län, 2017). Genom att avloppsvattnet lagras i bassänger under en längre tid kommer däremot det organiska materialet till stor del brytas ned innan det tas ut för att spridas på åkermark. Även pH är en aspekt att ta hänsyn till vid spridning på åkermark. Eftersom avloppsvattnet är surt finns risk för att tillväxten hämmas då olika näringsämnen är tillgängliga vid olika pH i marken. Om det finns risk för att markens pH blir mycket lågt bör avloppsvattnet från bryggeriet pH-utjämnas för att få ett mer neutralt pH på avloppsvattnet (Yara, 2017).

Skulle marken istället användas med någon typ av energiskog, exempelvis *Salix* skulle avloppsvattnet troligtvis kunna renas mer koncentrerat då energiskog tar upp en stor mängd näringsämnen (Börjesson & Berndes, 2006). Utifrån den studie som gjorts på gödning med avloppsvattnet på energiskog visar resultatet att vid spridning av 166 kg/ha kväve och 22 kg/ha fosfor är näringsläckaget mycket litet (Hasselgren, 1998).

Då detta är svenska studier bör därför förutsättningarna för energiskog hos Remmarlöv Gårdsbryggeri vara den samma. Då det årliga näringsinnehållet i avloppsvattnet från Remmarlöv Gårdsbryggeri uppgår till omkring 43 kg kväve samt och 23 kg fosfor, se tabell 13, är det framför allt fosforinnehållet i avloppsvattnet som styr hur stor energiskog som krävs för att kunna rena avloppsvattnet. Med den nuvarande produktionen bör ungefär en hektar *Salix* klara att rena Remmarlövs avloppsvatten utifrån den studie som gjorts inom området (Hasselgren, 1998). En förutsättning för rening genom gödsling av energiskog är likt spridning på åkermark att ta hänsyn till det låga pH-värdet.

5.5 Sammanställning av avloppsreningslösningar

Det finns många lösningar för att rena ett avloppsvatten och därför kan en uppdelning i olika faktorer förenkla valet av avloppsreningslösning. Nedan, i tabell 18, finns ett flertal faktorer som är avgörande för vilken anläggning som är mer eller mindre fördelaktig utifrån fallstudiens förutsättningar. Ur miljösynpunkt finns även resurshushållning som faktor.

Utifrån miljömässiga faktorer är reningsgrad och kontroll av utgående vatten är kommunal avloppsrening den reningsteknik som ger bäst resultat. Ett internt reningsverk använder sig av ungefär samma processer och har därmed också hög reningsgrad och möjlighet till kontroll i nästan samma utsträckning. För infiltration eller markbädd är reningen av organiska ämnen hög men reningen av fosfor minskar under tiden och kvävereningen är relativt låg. Eftersom markbädden är tät kommer allt vatten som rinner igenom samlas och kunna kontrolleras medan infiltrationen inte går att kontrollera då vattnet rinner ner i marken. Även växtupptaget är svårare att kontrollera eftersom vattnet rinner ner i marken. Då åkermarken vid Remmarlöv Gårdsbryggeri har dränering innebär detta att det är lättare att kontrollera även för växtupptag och infiltration. Möjligheten till att använda näringsämnen på nytt innebär en bättre hushållning av resurserna. Alla reningstekniker kan nyttja näringsämnen men för att nyttja näringsämnena från ett slam krävs flertal processer och för slam från reningsverk måste slammet godkännas.

I fråga om skötsel är kommunalt avlopp det avlopp som kräver minst skötsel för den enskilde som brukar avloppsnätet. I olika typer av interna lösningar är markbädd och infiltration den lösning som kräver minst skötsel. Växtupptagslösningar kräver spridning på åkermarken och ett internt avloppsreningsverk behöver kontinuerligt underhåll i form av påfyllning av kemikalier och uppsikt över den biologiska reningen. Även när det kommer till driftstabilitet är kommunalt avlopp den mest stabila avloppsreningstekniken medan interna lösningar har lägre driftstabilitet. Markbäddar är en stabil lösning, däremot försämras reningen med tiden. Ett internt avloppsreningsverk är beroende av stabila förhållanden för att fungera bra och måste

ha tillgång på el. Växtupptagstekniker är begränsade till sommarhalvåret och därför behöver avloppsvattnet samlas upp under vinterhalvåret.

I fråga om utrymmesbehov är kommunalt avlopp den teknik som kräver minst yta, därefter kommer internt avloppsreningsverk som kräver liten yta. Markbäddar och växtupptagslösningar kräver relativt stora ytor för att kunna rena avloppsvattnet. Kostnaden för avloppsreningsverken varierar mycket. Den absolut kostsammaste lösningen är kommunalt avlopp då det krävs anslutning till det kommunala avloppsledningsnätet vilket innebär nya ledningar i marken. Ett internt reningsverk är oftast dyra jämfört med andra reningstekniker medan markbäddar är lite billigare. Den billigaste tekniken är någon form av växtupptagslösning.

Tabell 18 Sammanställning av olika reningsmetoder för avloppsvattnet hos Remmarlöv Gårdsbryggeri

		Kommunalt avlopp	Infiltrationlösning (Markbädd)	Växtsystem (Energiskog)	Internt avloppsreningsverk (Minireningsverk)
Miljö	Reningsgrad	BOD7: 99 % Fosfor: 98 % Kväve: 84 %	BOD7: > 90 % Fosfor: 25-75 % Kväve: 10-40 %	BOD7: 91-98 % Fosfor: 95-96 % Kväve: 85-95 %	BOD7: > 90 % Fosfor: 90 % Kväve: 30-60 %
	Möjlighet till kontroll av utsläpp efter rening	Fullständig kontroll	Dålig kontroll för infiltration. Bra kontroll för tät markbädd.	Normalt sett dålig kontroll. I och med åkerns dräneringssystem är finns möjlighet till bättre kontroll	Bra kontroll
	Resurshushållning	Kan till viss del nyttja näringsämnen i slammet	Kan nyttja näringsämnen vid användning av slamavskiljare.	Nyttjar näringsämnen genom växtsystem	Kan nyttja näringsämnen genom slammet som avlägsnas i slamavskiljaren.
Skötsel	Behov av kontroll och skötsel	Inget behov av kontroll och skötsel	Årlig kontroll av amläggningen	Litet behov av kontroll och skötsel	Behov av skötsel och påfyllning av kemikalier
	Driftstabilitet	God	Relativt god. Försämras med tiden.	Begränsad till sommarhalvåret	God vid bra underhåll och små flödesvariationer. Kräver tillgång till el.
Kostnad och utrymme	Utrymmesbehov	Litet utrymmesbehov	3-10 m ² /pe	Åkermark och bassänger för vinterförvaring	0,1-1 m ² /pe
	Kostnad	Hög anslutningskostnad, viss driftkostnad	Medel	Låg	Relativt hög kostnad jämfört med andra interna lösningar

5.6 Val av avlopprensingslösning

I fråga om miljömässiga egenskaper och behovet av skötsel och driftsäkerhet är kommunal avloppsvattenrening ett mycket bra alternativ för hantering av avloppsvattnet. Genom kommunal avloppsvattenrening är reningsgraden mycket god och utsläppshalter kontrolleras väl. Det är även underhållsfritt och klarar exempelvis av större belastning om bryggerier växer.

Många av dessa anledningarna kan man anta är anledningen till att de flesta av bryggerierna använder sig av kommunal avloppsrening, i alla fall om det finns kommunalt avloppsnät tillgängligt. För återförande av näringsämnen som finns i avloppsvattnet vid kommunal avloppsvattenrening måste avloppsvattnet genomgå processer som rötning för att senare kunna användas för att exempelvis sprida det slam som uppkommer på åkermark. Slammet måste även kontrolleras då det kan förekomma halter av organiska föreningar och metaller som härstammar från andra avlopp. Alla slampartier kan därmed inte spridas på åkermark och därmed kan inte heller alla näringsämnen återföras. Eftersom anslutning till kommunalt avloppsvattnet skulle innebära mycket stora kostnader för ett litet bryggeri som Remmarlöv Gårdsbryggeri är, trots stora fördelar, en internt avloppsreningslösning ett troligare alternativ.

Bland de avloppsreningslösningar som finns är det en stor osäkerhet kring vad som faktiskt släpps ut vid system som inte har möjlighet till någon typ av kontroll. Den information som finns är allmän för en typ av avloppsanläggning. Vilken reningsgrad avloppsanläggningar har beror på en rad olika faktorer och är beroende på det enskilda fallet. Därmed bör alltid någon typ av kontroll kunna göras för att säkerställa att avloppsanläggningen är tillräcklig för att rena vattnet. Att kunna kontrollera avloppsreningen är också en bekräftelse på att lagstiftningen följs dvs. att avloppsvattnet ska avledas och renas eller tas om hand på något annat sätt för att olägenhet för människors hälsa och miljön inte uppkommer. För att undvika detta ska lämpliga avloppsanordningar eller andra insättningar finnas i enlighet med 9 kap 7 § MB.

Att använda någon typ av markbädd eller ett internt avloppsreningsverk gör att avloppsvattnet går att kontrollera efter avloppsreningen för Remmarlöv Gårdsbryggeri. I och med att gården omges av åkermark som en markbädd skulle kunna ligga på är marken dränerad och leds till ett dike. Det går med andra ord att kontrollera vid diket innehållet i det renade vattnet. Dock inte specifikt för enbart avloppsvattnet från bryggeriet utan för hela åkerarealen. Även för växtupptag funkar dräneringen och diket som ett utlopp som går att kontrollera.

Avloppsreningslösningen bör uppfylla de allmänna råd som Naturvårdsverket tagit fram om reduktionskrav, där är framför allt fosforreduktionen, 70 % fosforreduktion, är den kritiska för markbädden. Därav är det viktigt att använda lämpliga försteg för markbädden så som slamavskiljare och fosforfällning för att rena

avloppsvattnet från fosfor. Slammet som uppkommer från slamavskiljaren kan återföras till åkermarken men den kan även nyttjas till biogas.

Behovet av en stabil reningslösning är mer väsentlig ju större verksamheten är. För större bryggerier är lagstiftningen strängare och det visades även i enkätstudien att det användes mer komplexa lösningar som hela reningsverk på större bryggerier (tabell 12)

5.7 Metoddiskussion och vidare studier

En av svagheterna i metoden är de få svaren som enkätstudien gav. Trots påminnelser är det trots allt en konkurrerande verksamhet och även en fråga som avloppsreningslösningar kan vara en känslig fråga mellan bryggerier. Enkätstudien visade även på att den största delen av bryggerierna använde sig av kommunalt avloppsnät och enbart ett fåtal använde någon form av intern lösning. Ett alternativ hade kanske varit att istället enbart vända sig till gårdsbryggerier som inte har möjlighet till kommunalt avloppsnät för att på så sätt få en större bredd i interna avloppsreningslösningar. I och med att få bryggerier i studien använde sig av interna avloppsreningslösningar är det sannolikt att även andra avloppsreningslösningar som inte inkluderats i studien kan vara bra alternativ för ett mikrobryggeri. Även andra avloppsreningslösningar som är vanliga för avloppsrening hos hushåll borde till fördel kunna användas även för avloppsvattnet från ett bryggeri.

Gällande provtagningen av avloppet togs prover i en bassäng där avloppsvattnet magasinerats under en längre tid. Detta innebär att det organiska materialet redan till viss del brutits ned då proverna togs. Skulle istället prover tas direkt i anslutning till utloppet till bassängen skulle troligtvis halten organiskt material vara högre.

6 Slutsats

I studien visades att avloppsvattnet från ett mikrobryggeri innehåller höga halter av organiskt material som är lättnedbrytbart tillsammans med näringsämnen fosfor och kväve. pH hos avloppsvattnet kan variera och är ofta av basisk karaktär om det används mycket basiska rengöringsmedel men blir surare om avloppsvattnet lagras och med att jästen i avloppsvattnet fermenterar. Studien visade även att avloppsvattnet från ett mikrobryggeri kan med hjälp av relativt enkla försteg släppas till kommunal avloppsrening för en god rening med bra kontroll. Detta är en trolig faktor till att den största delen av mikrobryggerier i Sverige använder sig av just kommunal rening.

Möjligheterna till någon typ av intern avloppsvattenrening är relativt många och genom olika försteg kan även reningen internt fungera väldigt bra. Lösningen för avloppsrening hos ett mikrobryggeri är därför inte hugget i sten utan faktorer som ekonomi, dimensioner och behov av skötsel är troligtvis de avgörande faktorerna vid valet av avloppsreningslösning. För Remmarlöv Gårdsbryggeri skulle däremot en fördelaktig metod vara växtupptagslösning eller en markbädd vid tillgång på mark medan ett internt reningsverk är till fördel om det inte finns möjlighet att ta mark i anspråk.

7 Tack

Jag önskar framför allt tacka min handledare Åsa Davidsson vid institutionen för kemiteknik för god vägledning genom examensarbetets gång. Jag önskar också tacka Gertrud Persson, vid samma institution, för hjälp vid analyser av avloppsvattnet i laboratoriet.

Ett stort tack vill jag även rikta till Håkan Nilsson på Remmarlöv Gårdsbryggeri som tillsammans med Miljöbron, i form av Madeleine Brask, har kunnat ge mig möjligheten att studera ett reellt projekt och varit mycket hjälpsamma under processen. Till sist vill jag även rikta ett tack till de bryggerier som valt att svara på den enkät jag skickat ut.

Referenser

- Albertsson, B. (2016). *Rekomendationer för gödsling och kalkning 2017*: Jönköping : Jordbruksverket, 2016.
- Avloppsguiden. (2015). Gårdsbryggerier och BDT på Avloppslistan. Tillgänglig: <http://bransch.avloppsguiden.se/news/2015/04/22/gårdsbryggerier-och-bdt-på-avloppslistan-.html> Hämtad: 2017-02-30
- Balmér, P. (2015). *Parametrar för organiskt material i avloppsvatten och slam och något om deras användning*. Svenskt Vatten AB.
- Brewers Association. (2017). *Water and Wastewater: Treatment/Volume Reduction Manual*. Tillgänglig: <https://www.brewersassociation.org/educational-publications/water-wastewater-sustainability-manual/> Hämtad: 2017-06-01
- Bryman, A., & Nilsson, B. (2011). *Samhällsvetenskapliga metoder*: Malmö : Liber, 2011 (Spanien)
- 2., [rev.] uppl.
- Börjesson, P., & Berndes, G. (2006). The prospects for willow plantations for wastewater treatment in Sweden. *Biomass and Bioenergy*(5), 428.
- Caliskan, G., Giray, G., Gundogdu, T., & Azbar, N. (2014). Anaerobic biodegradation of beer production wastewater at a field scale and exploitation of bioenergy potential of other solid wastes from beer production. *International Journal of Renewable Energy & Biofuels*, Vol. 2014.
- Denk, T. (2002). *Komparativ metod : förståelse genom jämförelse*: Lund : Studentlitteratur, 2002 (Lund : Studentlitteratur).
- Encyclopedia Britannica ImageQuest. (2017). Process of beer production, brewing.
- Gangagni Rao, A., Sasi Kanth Reddy, T., Surya Prakash, S., Vanajakshi, J., Joseph, J., & Sarma, P. N. (2007). pH regulation of alkaline wastewater with carbon dioxide: a case study of treatment of brewery wastewater in UASB reactor coupled with absorber. *Bioresource Technology*, 98(11), 2131-2136.
- Göteborgs Stad. (2017). Vad är avloppsvatten? Tillgänglig: <http://goteborg.se/wps/portal/start/vatten-och-avlopp/avlopp/> Hämtad: 2017-02-15
- Hartman, J. (2001). *Grundad teori : teorigenerering på empirisk grund*: Lund : Studentlitteratur, 2001 (Lund : Studentlitteratur).
- Hasselgren, K. (1998). Use of municipal waste products in energy forestry: Highlights from 15 years of experience. *Biomass and Bioenergy*, 15(1), 71-74.
- Hultberg, M., & Bodin, H. (2017). Fungi-based treatment of brewery wastewater-biomass production and nutrient reduction. *Applied Microbiology And Biotechnology*.
- IVL. (2002). *Driftspekter på kommunala avloppsreningsverk och bryggerier*. Stockholm Tillgänglig:

- <http://www.ivl.se/download/18.343dc99d14e8bb0f58b741f/1445515509270/B1494.pdf>. Hämtad: 2017-03-02
- Jordbruksverket. (2004). *Greppa näringen : praktiska råd från Greppa näringen*. Stockholm : Greppa näringen, [2004]-2004.
- Jordbruksverket. (2014). *Sverige – det nya matlandet*. Tillgänglig: http://www.jordbruksverket.se/download/18.724b0a8b148f52338a35f71/1414683576111/Rapport_matvanor_2014.pdf Hämtad: 2017-02-25
- Jordbruksverket. (2016a). *Stallgödsel*. Tillgänglig: <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/jordbruksgrador/sockerbetor/vaxtnaring/stallgodsel.4.32b12c7f12940112a7c800037548.html> Hämtad: 2017-04-17
- Jordbruksverket. (2016b). *Stallgödsel – växtnäringsinnehåll och långtidsverkan*. Tillgänglig: <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/jordbruksgrador/rapsochrybs/vaxtnaring/stallgodsel/tabellerstallgodsel.106.3229365112c8a099bd980003297.html> Hämtad: 2017-04-17
- JTI. (2015). *Gemensamt avlopp - Så kan det gå till*. Tillgänglig: <https://www.havochvatten.se/hav/vagledning--lagar/vagledningar/sma-avlopp/rapporter-och-dokument/rapporter/gemensamt-avlopp---sa-kan-det-ga-till.html> Hämtad: 2017-06-01
- Lisandro, G. S., & Miguel, A. I. (2014). A Process To Treat High-Strength Brewery Wastewater via Ethanol Recovery and Vinasse Fermentation. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 53(44), 17043-17050.
- Littorin, J. (2016) Mikrobryggerier satsar på mataffärerna. *Dagens Nyheter*. Tillgänglig: <http://www.dn.se/ekonomi/mikrobryggerier-satsar-pa-mataffarerna/> Hämtad: 2017-02-25
- Länsstyrelsen Dalarnas län. (2017). *Utsläpp av syreförbrukande ämnen*. Tillgänglig: <http://www.lansstyrelsen.se/Dalarna/Sv/miljo-och-klimat/miljomal/sjoarochvattendrag/uppfoljning/syreforbrukande-amnen/Pages/default.aspx> Hämtad: 2017-03-24
- Länsstyrelsen Västra Götalands län. (2009). *Lagar och regler för dig med enskilt avlopp*. Tillgänglig: http://www.lansstyrelsen.se/vastragotaland/SiteCollectionDocuments/Sv/publikationer/2009/2009_25.pdf Hämtad: 2017-06-01
- Lönnroth, V. (2016). Lokalproducerat - från trend till vardag. *Borås Tidning*.
- Mercer, J. (2014). *Wastewater basics for a growing craft brewery*. Tillgänglig: <https://www.craftbrewingbusiness.com/equipment-systems/wastewater-basics-growing-craft-brewery/> Hämtad: 2017-04-15
- Miljöbron. (2015). *Examensarbete - Vattenrening på bryggeri, nya lösningar*. Tillgänglig: http://skane.miljobron.se/files/2016/08/E15_Remmarl%C3%B6v-G%C3%A5rdsbryggeri-1.pdf Hämtad: 2017-06-01
- Murunga, S. I., Mbugu, D. O., Gitau, A. N., Mutwiwa, U. N., & Wekesa, I. N. (2016). Characterization of brewery waste water and evaluation of its potential for biogas production. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 18(3), 308-316.

- Naturvårdsverket. (1991). *Rening av hushållspillvatten : infiltrationsanläggningar och markbäddar för fler än 25 personer*. Solna : Statens naturvårdsverk, 1991 ; (Solna : Tryckindustri).
- Naturvårdsverket. (2008a). *Bilagor till Små avloppsanläggningar, handbok*. Tillgänglig: http://husagare.avloppsguiden.se/attachments/download/19/Handboken_620-0153-7.pdf Hämtad: 2017-06-01
- Naturvårdsverket. (2008b). *Små avloppsanläggningar - Handbok till allmänna råd*. Tillgänglig: <https://www.havochvatten.se/hav/vagledning--lagar/vagledningar/sma-avlopp/vagledningar-for-provning-och-tillsyn-av-sma-avlopp.html> Hämtad: 2017-06-01
- Naturvårdsverket. (2012). *Rening av avloppsvatten i sverige 2010*. Växjö. Tillgänglig: <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-8703-6.pdf?pid=13143> Hämtad: 2017-06-01
- Naturvårdsverket. (2014). *De viktigaste avloppsreglerna*. Tillgänglig: <https://www.naturvardsverket.se/upload/stod-i-miljoarbetet/vagledning/avlopp/de-viktigaste-avloppsreglerna-20140113.pdf> Hämtad: 2017-03-10
- Naturvårdsverket. (2016). *Avloppsvattnets miljöpåverkan*. Tillgänglig: <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Vatten/Avloppsvatten/> Hämtad: 2017-02-15
- Naturvårdsverket. (2017). *Skyddad natur*. Tillgänglig: <http://skyddadnatur.naturvardsverket.se/> Hämtad: 2017-03-10
- Nebel, C. (2012). Ölbryggeri kritiskt till vattenflytt. *Sydsvenskan*. Tillgänglig: <http://www.sydsvenskan.se/2012-07-05/olbryggeri-kritiskt-till-vattenflytt> Hämtad: 2017-02-15
- Nordlöv, H. (2017). Bryggeriteknik *Nationalencyklopedin*.
- Persson, P. O. (2005). *Kompendium i miljöskydd*: Stockholm : Institutionen för kemiteknik, Tekniska högskolan, 2005, 7. uppl. / red. Per Olof Persson.
- Perttu, K. L. (1999). Environmental and hygienic aspects of willow coppice in Sweden. *Biomass and Bioenergy*, 16(4), 291-297.
- Rivera, M. P. (2006). *Avloppsanläggningar för 25–2000 pe*. (2006-21). Svenskt Vatten AB.
- SGU (Cartographer). (1984). Jordartskarta. Tillgänglig: <http://www.sgu.se/produkter/kartor/kartvisaren/jordkartvisare/> Hämtad: 2017-04-02
- Simate, G. S., Cluett, J., Iyuke, S. E., Musapatika, E. T., Ndlovu, S., Walubita, L. F., & Alvarez, A. E. (2011). The treatment of brewery wastewater for reuse: State of the art. *Desalination*, 273(2–3), 235-247.
- Simrishamns kommun. (2008). *ABVA - del 3 – Gränsvärdeslista Riktlinjer för bedömning av utsläpp av avloppsvatten från yrkesmässig verksamhet i Simrishamns, Sjöbo, Skurups, Tomelilla och Ystads kommun*. Tillgänglig: http://www.simrishamn.se/pagefiles/24277/ABVA_A5_gr%C3%A4nsvärdeslista_del3.pdf Hämtad: 2017-03-07
- Spendrups. (2016). *Hållbarhetsredovisning 2015*. Tillgänglig: <http://www.spendrups.se/globalassets/miljo--hallbarhet/spendrups-hallbarhetsredovisning-2015.pdf> Hämtad: 2017-02-16

- Sundberg, K. (1995). *Vad innehåller avlopp från hushåll? : näring och metaller i urin och fekalier samt i disk-, tvätt-, bad- & duschvatten*. Solna : Naturvårdsverket, 1995.
- Svenskt Vatten. (2012a). *Minska företagets utsläpp av miljögifter*. Tillgänglig: <http://www.svensktvatten.se/globalassets/avlopp-och-miljo/uppstromsarbete-och-kretslopp/foretagsbroschyr-svenskt-vatten-nov2012.pdf> Hämtad: 2017-06-01
- Svenskt Vatten. (2012b). *Råd vid mottagande av avloppsvatten från industri och annan verksamhet*. (Publikation P95). Tillgänglig: <http://www.svensktvatten.se/globalassets/avlopp-och-miljo/uppstromsarbete-och-kretslopp/p95-rad-vid-mottagande-av-avloppsvatten.pdf>. Hämtad: 2017-03-07
- Sveriges Mikrobryggerier. (2017). *Mikrobryggerier*. Tillgänglig: <http://www.sverigemikrobryggerier.se/> Hämtad: 2017-06-01
- Uponor. (2013). Uponor Enskilt avlopp. Tillgänglig: <https://www.uponor.se/handler/directdownload.ashx?did=D32AF5EC5D394BFFAD726E2ABD78F714> Hämtad: 2017-05-04
- VA SYD. (2010). *Tilläggsbestämmelser till ABVA*. Tillgänglig: <http://www.vasyd.se/Artiklar/Avlopp/Lagar-och-regler> Hämtad 2017-06-01
- VA SYD. (2015). *Ellinge Avloppsreningsverk Eslöv - Miljörapport enligt Miljöbalken för år 2015*. Tillgänglig: <http://www.vasyd.se/-/media/Documents/Broschyrer/Vatten-och-avlopp/Miljorapporter-avloppsreningsverk/Eslöv/Milj%C3%B6rapport-Ellinge-2015.ashx> Hämtad: 2017-06-01
- VASAM. (2009). *ABVA - Allmänna bestämmelser för brukande av den allmänna vatten- och avloppsanläggningen*. Tillgänglig: <http://www.vasyd.se/-/media/Documents/Broschyrer/Vatten-och-avlopp/Lagar-regler-och-riktlinjer/ABVA.ashx> Hämtad: 2017-06-01
- VISS. (2017). *Remmarlov*. Tillgänglig: <http://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterEUID=SE619303-133786> Hämtad: 2017-04-26
- Yara. (2017). *Markanalys*. Tillgänglig: <http://www.yara.se/vaxtnaring/grodot/godslingsrad/markanalys/> Hämtad: 2017-04-26

Bilaga 1 - Enkätundersökning

Hej!

Jag heter Sanna Olsson och skriver masteruppsats i miljövetenskap vid Lunds Universitet. Masteruppsatsen handlar om lösningar för avloppsvattenrening för mikrobryggerier där jag studerar de reningsmetoder som används på mikrobryggerier i Sverige idag. Detta kommer sedan användas för att utreda vilka metoder som är bra ur olika perspektiv, som miljö, kostnad och utrymmesbehov, för att ge en helhetsbild inom området.

För att veta vilka reningsmetoder som används hos mikrobryggerier idag skulle jag därför behöva er hjälp genom att svara på en enkät.

Varför är detta relevant för er?

Inom området finns relativt lite information att tillgå och den information som finns är oftast baserad på industriellt avloppsvatten eller avloppsvatten från hushåll. Genom denna rapport kommer ni kunna få hjälp med avloppsreningsmetoder som är direkt anpassade för er typ av verksamhet.

AVLOPPSRENING PÅ MIKROBRYGGERIER

Namn på bryggeri:*

Hur många liter öl producerar ni per år vid ert bryggeri?*

Vart går ert avlopp efter produktionen?*

- Direkt till kommunalt avlopp
- Till intern vattenrening (på bryggeriet)
- Annat

Intern avloppsvattenrening

Vilka steg använder ni för rening av ert avloppsvatten från produktionen?

Vart släpps avloppsvattnet ut efter rening?

Andra avloppsvattenlösningar

Var tar ert avloppsvatten vägen efter produktionen?

Bilaga 2 – Provtagning och analys

Suspenderad substans

Tabell 19 Analys av suspenderad substans

Provnummer	Papprets vikt (g)	Volym (ml)	Vikt efter torkning (g)	SS (g/L)
1	0,1360	20	0,1441	0,4
2	0,1343	25	0,1438	0,36
3	0,1359	25	0,1447	0,32

Beräkning av suspenderad substans:

$$\text{SS g/L} = \frac{(\text{Vikt efter torkning} - \text{papprets vikt}) \cdot 1000}{\text{Volym (ml)}}$$

Medelvärde för suspenderad substans:

$$\frac{0,4 \text{ g/L} + 0,36 \text{ g/L} + 0,32 \text{ g/L}}{3} = 0,36 \text{ g/L}$$

pH

pH: 4,28

Tot-N

Tabell 20 Analys av Tot-N

Provnummer	Spädning	Visat resultat	Beräknad koncentration
1	1:1	88,3 mg/L	-
2	1:1	Över gränsvärde för analys (148 mg/L)	-
3	1:2	58,2 mg/L	-
4	1:2	84,3 mg/L	168,6 mg/L
5	1:5	35,7 mg/L	178,5 mg/L

Medelvärdet för totalkväve var:

$$\frac{168,6 \text{ mg/L} + 178,5 \text{ mg/L}}{2} = 173,6 \text{ mg/L}$$

COD

Tabell 21 Analys av COD

Provnummer	Spädning	Visat resultat	Beräknad koncentration
1	1:4	Över mätområde	-
2	1:8	Över mätområde	-
3	1:10	Över mätområde	-
4	1:10	Över mätområde	-
5	1:50	282 mg/L	14100 mg/L

6	1:100	146 mg/L (precis 14600 mg/L under mätområde)
---	-------	--

Medelvärdet för COD var:

$$\frac{14100 \text{ mg/L} + 14600 \text{ mg/L}}{2} = 14350 \text{ mg/L}$$

Tot-P

Tabell 22 Analys av Tot-P

Provnummer	Spädning	Resultat	Beräknad koncentration
1	1:4	Över mätområde - (11,4 mg/L)	-
2	1:8	Över mätområde - (8,47 mg/L)	-
3	1:20	4,54 mg/L	90,8 mg/L
4	1:20	4,60 mg/L	92 mg/L

Medelvärdet för totalfosfor var:

$$\frac{90,8 \text{ mg/L} + 92,0 \text{ mg/L}}{2} = 91,4 \text{ mg/L}$$

**ALcontrol AB**Box 1083, 581 10 Linköping · Tel: 013-25 49 00 · Fax: 013-12 17 28
ORG.NR 556152-0916 STYRELSENS SÄTE: LINKÖPINGAckred. nr 1006
Provning
ISO/IEC 17025**RAPPORT**Sida 1 (1)
utfärdad av ackrediterat laboratorium
REPORT issued by an Accredited Laboratory

Kopia

Rapport Nr 17166770Uppdragsgivare
Lunds Universitet
Institution för Kemiteknik
Rapporter
Box 188
221 00 LUND

Avser

Avloppsvatten

Avser : Se provets märkning

Information om prov och provtagning

Provtagningsdatum	: 2017-05-08	Ankomstdatum	: 2017-05-08
Provtagningsstidpunkt	: -	Ankomsttidpunkt	: 2210
Temperatur vid provtagning	: -	Temperatur vid ankomst	: 6 °C
Provets märkning	: Remmarlöv 2		
Provtagare	: -		

Analysresultat

Metodbeteckning	Analys/Undersökning av	Resultat	Mätosäkerhet	Enhet
SS-EN 1899-1	BOD7 (ATU)	9800	± 2000	mg/l

Angiven mätosäkerhet är beräknad med täckningsfaktor k = 2. Mätosäkerheten för ackrediterade mikrobiologiska analyser kan erhållas från laboratoriet efter begäran.

Kommentar

Analysen av BOD är utförd på prov som varit fryst.

Linköping 2017-05-17

Kopia sänds till
gna10sol@student.lu.seKathrin Haider
Granskningsansvarig

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat.

Bilaga 3 – Beräkningar

För att kunna jämföra mellan avloppsvattnets näringsinnehåll och stallgödels innehåll måste enheterna för båda vara samma. Därför har olika typer av flytande gödsel används för att kunna göra antagandet att 1 kg är samma som 1 L.

Ursprunglig angivelse för stallgödsel:

Tabell 23 Näringsinnehåll i stallgödsel angiven i kg/ 10 ton

Gödsetyp	Kväve	Fosfor	Kalium
Flytgödsel från nöt (9 % TS-halt)	43	6	38
Flytgödsel från svin (8 % TS-halt)	36	8	19
Urin från nöt (täckt behållare)	35	<1	50
Urin från svin (täckt behållare)	18	2	12

Ny angivelse för stallgödsel:

Tabell 24 Näringsinnehåll i stallgödsel angiven i mg/L

Gödsetyp	Kväve	Fosfor	Kalium
Flytgödsel från nöt (9 % TS-halt)	4300	600	3800
Flytgödsel från svin (8 % TS-halt)	3600	800	1900
Urin från nöt (täckt behållare)	3500	<100	5000
Urin från svin (täckt behållare)	1800	200	1200

Beräkning av näringsämnen i avloppsvattnet på årsbasis.

Total mängd avloppsvatten per år: $250 \text{ m}^3 = 250\,000 \text{ L}$

$$\begin{aligned} & \text{Näringsämne (kg/L)} * \text{Totalmängd avloppsvatten (L/år)} \\ & = \text{Total mängd näringsämnen (kg/år)} \end{aligned}$$

Tabell 25 Näringsämnen per år

Analyserade ämnen	Resultat	Näringsämnen/år
Tot-N	173,6 mg/L	43,4 kg/år
Tot-P	91,4 mg/L	22,85 kg/år

För beräkning av pe har samma förutsättningar använts som ovan. För beräkning av pe med utgångspunkten tot-P där hushållsavloppets produktion är 2 g/pd.

$$\frac{(91,4 \text{ mg/L} * 170\text{L})}{2000 \text{ mg/pd}} = 7,769$$



LUNDS
UNIVERSITET

WWW.CEC.LU.SE
WWW.LU.SE

Lunds universitet

Miljövetenskaplig utbildning
Centrum för miljö- och
klimatforskning
Ekologihuset
223 62 Lund