



# Hållbara avlopp och kretslopp

13 mars 2018

Caroline Karlsson,  
tillfällig utredare vid Social- och miljöavdelningen på Ålands landskapsregering.

## Sammanfattning

Det finns flertalet avloppslösningar att välja mellan med avseende på både enskilda och gemensamma avlopp. De toaletter som beskrivs i rapporten är olika urinsorterande alternativ, extremt snålspolande toalett, förbränningstoalett, multrum, mulltoalett samt vakuumpolett. Behandlingen av avloppsvattnet kan utföras i infiltrationsanläggning, markbädd, kompaktfiler, med hjälp av kemsik fällning, fosforfiler, i minireningsverk eller i BDT-vattenfiler. Efterbehandling av avloppsvattnet kan behövas och utförs då exempelvis i biofilterdike, resorptionsdike, våtmark, rotzonanläggning eller med hjälp av översilning eller bevattning. För att kunna avgöra vilken avloppslösning som lämpar sig beroende på situation kan klassificeringen "normal respektive hög skyddsnivå gällande miljö- och hälsa" användas. Sortering av klosettvattnet till slutentank rekommenderas i områden där hög skyddsnivå gäller, det vill säga områden i nära anslutning till vattendrag med övergödningsproblematik, områden med hög grundvattenyta samt närhet till dricksvattentäkter. Exempel för både enskilda samt gemensamma avloppslösningar ges i rapporten.

För att kunna återanvända näringen ur fekalerna samt urinen krävs att avloppsfractionerna behandlas genom hygienisering. Hygieniseringen kan utföras på flera sätt, bland annat genom våtkompostering, ureahygienisering samt en metod som kombinerar ureahygienisering och våtkompostering. Även urintorkning kan användas, men metoden är ännu inte fullständigt utvecklad. Rötning av avloppsslam är en metod som används på större reningsverk, men kretsloppet av näringsämnen blir då inte i fokus utan det huvudsakliga syftet är framställningen av biobränsle.

På Åland sker utsläpp av näringsämnen till följd av bristfälliga enskilda avlopp. Flera av de i rapporten beskrivna avloppslösningarna skulle kunna implementeras på Åland för att minska näringsutsläppen. Att klassificera områden enligt principen om normal alternativt hög skyddsnivå kan vara till hjälp vid åtgärdandet av avloppen på Åland. Vidare har frågetecken kring vad som ska göras med den sundsbelägna våtkomposten uppstått. Våtkomposten togs i bruk i början av millenieskiftet, men problematik kring driften och brist på intresse hos mottagare av den hygieniserade gödselprodukten gjorde att driften blev kortvarig. Om viljan och ekonomin finns för att åter ta anläggningen i bruk kunde ureahygienisering vara ett lämpligt alternativ för Åland. Tillsatsen av urea skulle sannolikt förenkla behandlingen av avloppsfractionerna och problem skulle kunna undvikas.

Återcirkuleringen av näringsämnen från avloppsfractioner till odlingsmark är inte helt problemfri. Urin och fekalier innehåller läkemedelsrester. I nuläget saknas kunskap om hur läkemedelsresterna påverkar människan och miljön via spridningen i marken och det finns heller inte någon fullständig metod för att rena avloppsfractioner från läkemedel. Utöver detta saknas även efterfrågan hos jordbrukare då handelsgödslet fortfarande är förhållandevis billigt.

# Innehåll

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>5</b>
1.1	Problemformulering	5
1.2	Syfte	5
1.3	Frågeställningar	5
<b>2</b>	<b>Bakgrund</b>	<b>5</b>
2.1	Allmänt om avlopp	5
2.2	Avloppsnet och reningsverk på Åland	6
2.3	Källsortering av avlopp	6
2.4	Fosfatmalm – en ändlig resurs	6
2.5	Spridning av avloppsfraktioner på åkermark – riskfritt?	7
<b>3</b>	<b>Avloppslösningar och reningsmetoder</b>	<b>8</b>
3.1	Toaletter	8
3.1.1	Urinsortering torrtoalett	8
3.1.2	Urinsortering vattentoalett	8
3.1.3	Urinsortering vattentoalett med avskiljning av fekalier mha cyklonseparator	9
3.1.4	Extremt snålspolande toalett	9
3.1.5	Mulltoalett och multrum	10
3.1.6	Utedass	11
3.1.7	Förbränningstoalett	11
3.1.8	Vakuumtoalett	12
3.2	Sammanfattning – toaletter	13
3.3	Behandling av avloppsvatten och BDT-vatten	14
3.3.1	Infiltrationsanläggning	14
3.3.2	Markbädd	14
3.3.3	Kompaktfilter/biomoduler/prefabricerade filter	16
3.3.4	Kemisk fällning	16
3.3.5	Fosforfilter	17
3.3.6	Minireningsverk	18
3.3.7	BDT-vattenfilter	19
3.4	Sammanfattning – Behandling	19
3.5	Efterbehandling	21
3.5.1	Biofilterdike	21
3.5.2	Resorptionsdike	21
3.5.3	Översilning	21
3.5.4	Våtmark	21
3.5.5	Bevattning	22
3.5.6	Rotzonganläggning	22
<b>4</b>	<b>Normal respektive hög skyddsnivå – vilka avloppslösningar lämpar sig beroende på situation?</b>	<b>23</b>
4.1	Enskilda avloppslösningar – förslag	24
<b>5</b>	<b>Gemensamma avloppslösningar – förslag</b>	<b>25</b>
5.1	Avloppslösningar för 5–10 fastigheter	25
5.1.1	Sortering av klosettvaatten till slutna tank och rening av BDT-vatten i filterbädd	25
5.1.2	Behandling av avloppsvatten med spray- och fosforfilter	26
5.2	Avloppslösningar för 30–60 fastigheter	27
5.2.1	Slambehandling, kemisk fällning och öppen markbädd	27

5.2.2	Konventionellt reningsverk och biofilterdike . . . . .	28
5.3	Avloppslösningar för 60–120 fastigheter . . . . .	29
5.3.1	Befintligt reningsverk med våtmark . . . . .	29
5.3.2	Bevattning sommartid och lagring vintertid . . . . .	30
<b>6</b>	<b>Hygieniseringsmetoder</b>	<b>31</b>
6.1	Våtkompostering . . . . .	31
6.1.1	Våtkomposten i Sund . . . . .	32
6.1.2	Våtkomposten i Norrtälje . . . . .	33
6.2	Urea-hygienisering . . . . .	34
6.2.1	Urea-hygienisering i Haninge . . . . .	35
6.2.2	Urea-hygienisering i Kalmar, Sverige . . . . .	37
6.2.3	Urea-hygienisering i Kungsbacka, Sverige . . . . .	37
6.3	Kombination av urea-hygienisering och våtkompostering . . . . .	37
6.3.1	Kombination av urea-hygienisering och våtkompostering i Södertälje, Sverige . . . . .	37
6.4	Urintorkning . . . . .	38
6.5	Rötning av slam . . . . .	38
<b>7</b>	<b>Sammanfattande diskussion och förutsättningar på Åland</b>	<b>39</b>
<b>8</b>	<b>Slutsats</b>	<b>42</b>
<b>9</b>	<b>Referenser</b>	<b>44</b>

## Ordlista

BDT-vatten – Förkortning av bad-, disk- och tvättvatten (Tibbelin 2010, s.IV).

BOD – Förkortning av engelska *biochemical oxygen demand*, som översatt till svenska blir biokemisk syreförbrukning. BOD är en parameter som används vid bestämningen av vattnets renhetsgrad. BOD anges i mg/l är ett ungefärligt mått på halten organiska föroreningar och bakterier i vattnet. Rent vatten har BOD = 0 mg/l medan avloppsvatten kan ha BOD på hundratals mg/l (Nationalencyklopedin a).

Bräddning – Tillfällig avgivelse av orenat avloppsvatten från ledningsnät eller reningsverk till följd av att kapaciteten hos nätet eller verket överskrids. Kan förekomma i samband med kraftig nederbörd, snösmältning eller driftstörning (exempelvis hinder i ledningsnät) (NSVA).

Enskilt avlopp – Avlopp som renar avloppsvatten från ett eller ett fåtal hushåll (Tibbelin 2010, s.IV). Enligt JTI (2015) rör det sig om 1–5 hushåll motsvarande 5–25 personekvivalenter.

Enzym – Proteiner som agerar katalysatorer vid kemiska reaktioner i kroppen, dvs påskyndar reaktionen utan att själva förbrukas (Nationalencyklopedin b).

Flytgödsel – Pumpbart samt flytande stallgödsel med torrs substanshalt lägre än 12 % (Nationalencyklopedin c).

Hushållspillvatten/avloppsvatten – Innefattar toalettavloppsvatten/klosettavloppsvatten samt BDT-vatten. (Tibbelin 2010, s.IV).

Hydrolys – Kemisk reaktion med vatten där en bindning spjälkas/bryts. När det gäller organiska föreningar spjälkas bindningen mellan en kolatom och exempelvis en syre-, kväve- eller svavelatom (Eberson).

Hygienisering – Reningsprocess i vilken patogena (sjukdomsalstrande) bakterier dör eller reduceras till antalet (Malmén & Palm 2003, s.11).

Infiltrationskapacitet – Ett mått på markens genomsläpplighet för vatten. En sandig och grovkornig jord har hög infiltrationskapacitet, medan en lera eller mjåla har låg infiltrationskapacitet. Infiltrationskapaciteten beror även på storleken på markens porer. Porer med stor diameter ökar infiltrationskapaciteten (Jansson).

Svartvatten/klosettavloppsvatten – vatten från toaletten innehållande fekalier och urin.

TS – Förkortning av torrs substans, återstoden av ett material sedan allt vatten har avlägsnats (Nationalencyklopedin d)

Urea – annan benämning för urinämne/karbamid ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ). Bildas i kroppen vid nedbrytning av exempelvis proteiner. Framställs även syntetiskt som gödselprodukt pga dess höga kväveinnehåll (Nationalencyklopedin e).

# 1 Inledning

Sedan mitten av 1900-talet har tillförseln av näringsämnen kväve och fosfor flerdubblats. Denna tillförsel har bidragit till övergödningen av Östersjön och haft betydande konsekvenser för livet i havet. Vissa organismer har gynnats av övergödningen medan andra arter har påverkats mycket negativt av förändringarna. En utsläppskälla av fosfor och kväve är avloppsvatten från bostäder på Åland och speciellt från enskilda avlopp med sämre reningseffektivitet (Ålands Landskapsregering 2015b, s.8). Åtgärder gällande läckaget av näringsämnen från renings- och avloppsanläggningar skulle kunna minska övergödningens effekter på miljön, samtidigt som jordbruket skulle gynnas av en effektivare återcirkulering av näringsämnen till åkermarkerna (Kirchmann 2005, s.9).

## 1.1 Problemformulering

Utsläppet av näringsämnen, främst fosfor och kväve, leder till övergödning av Östersjön och andra vattendrag. Åland är i behov av nya hållbara avloppslösningar för att kunna minska näringsämnenas påverkan på miljön och samtidigt ta tillvara på de näringsämnen som går förlorade. Med hållbara avloppslösningar avses sådana avlopp som jämfört med idag avger mindre mängder näringsämnen till omgivande miljö. Framförallt recirkulationen av näringsämnen fosfor och kväve utgör en viktig del av hållbarhetsaspekten. Utöver näringsämnenas tillvaratagande och återanvändning är även hushållning av vatten samt besparande av energi viktiga aspekter.

## 1.2 Syfte

Syftet med rapporten är att undersöka vilka hållbara kretslopp och avlopp som idag används och att vidare ge förslag på de lösningar som skulle passa på Åland.

## 1.3 Frågeställningar

- Vilka hållbara avloppslösningar används idag?
- Vilka hållbara avloppslösningar skulle kunna införas på Åland för att minska utsläppet av näringsämnen och ta tillvara på de näringsämnen som finns i avloppsvattnet?

# 2 Bakgrund

## 2.1 Allmänt om avlopp

Från de bostäder som är anslutna till det kommunala avloppsnätet leds klosettvattnen, BDT-vatten och dagvatten till reningsverken i gemensamma ledningar (Balmér). Efter de olika reningsprocesserna, innefattande mekanisk, kemiskt och biologisk rening, erhålls sedan en slamprodukt. Vad gäller enskilda avlopp finns flertalet olika alternativ att välja mellan. Antingen kan klosettvattnen samt BDT-vatten gemensamt, i likhet med de kommunala reningsverken, ledas ut till någon typ av reningsanläggning eller så sker en källsortering av de olika avloppsfractionerna. Vid sorteringen kan klosettvattnen avskiljas från BDT-vattnet, varpå de genomgår separata reningsprocesser. Det är även möjligt att separera urin från fekalier och BDT-vatten. Fekalierna och BDT-vattnet leds då ut gemensamt och genomgår rening. Ytterligare ett alternativ är att sortera samtliga tre avfallsprodukter var för sig, urin från fekalier och fekalier från BDT-vatten. Vid tillvaratagande på och recirkulation av näringsämnen är det fördelaktigt att källsortera avfallsprodukterna, eftersom det största näringsinnehållet finns i urinet. Urinets volym utgör så lite som 1 % av avloppsvattnets volym, men står för hela 80 % av kvävet och 50 % av fosfor som återfinns i avloppsvattnet (af Petersens et al. 2005, s.4).

## 2.2 Avloppsnät och reningsverk på Åland

Avloppsvatten som är kopplat till det kommunala avloppsnätet renas på Åland i Lotsbroverket i Mariehamn samt i flertalet kommunala och småskaliga privata reningsverk (Ålands Landskapsregering 2015b, s.9). I slutet av år 2012 fanns det 15 400 bostadshus (exklusive fritidsstugor och stugbyar) på Åland. Av dessa var ca 13 100 fastigheter beodda året runt och 2 300 säsongsbodda. Ungefär 44 % av bostäderna var belägna i Mariehamn, 48 % på landsbygden och 8 % i skärgården (Ålands Landskapsregering 2015a, s.77). År 2007 var 13 000 bostäder och fritidshus inte anslutna till det kommunala avloppsnätet och räknas därmed som enskilda avlopp. Dessa enskilda avlopp stod år 2013 för 11 % av det totala utsläppet av fosfor på Åland. Utsläpp av kväve motsvarade 8,5 % av det totala kväveutsläppet (Ålands Landskapsregering 2015b, s.9).

Lotsbroverket kan ta emot avloppsvatten motsvarande 30 000 personekvivalenter och varje år producerar verket ca 3 000 m<sup>3</sup> slam, som bearbetas och används vid exempelvis anläggandet av grönytor. Avloppsvatten leds från delar av Finström, Jomala, Hammarland, Lemland, Saltvik, Sund och Mariehamn. Lotsbroverket har en reningsgrad av fosfor och kväve motsvarande 95 % respektive 70 %, vilket är avsevärt högre än vissa av de mindre reningsverken på Åland (Ålands Landskapsregering 2015b, s.9). De mindre reningsverken återfinns på Brändö, i Eckerö, i Finström (privat), på Föglö, i Geta (inklusive ett privat), på Kökar, i Lumparland, på Sottunga, i Sund och på Vårdö. Reningsgraden för dessa verk uppgår till 80–90 % för fosfor och 40–50 % för kväve. Delar av avloppsnätet som förbinder kommunerna med Lotsbroverket är nybyggt, medan andra delar skulle behöva ses över och eventuellt bytas ut. Pumpstationerna bräddar vid driftstörningar och översvämningar förekommer (Ålands Landskapsregering 2015b, s.10).

## 2.3 Källsortering av avlopp

Fördelen med sortering av klosett-vatten och urinseparering är att de avfallsfraktioner med högst näringsinnehåll avskiljs. Näringsämnen blandas då inte ut med BDT-vatten eller dagvatten, som i de konventionella reningsverken. En studie visar att 95 % fosfor kan återföras till odlingsmark från konventionellt slam gentemot ca 90 % från klosettseparering samt lite över 60 % från urinseparering. Dock är den genomsnittliga återföringspotentialen av de växttillgängliga formerna av näringsämnen fosfor, kväve, kalium och svavel betydligt högre i det sorterade avloppsavfallet än i det konventionella slammet från reningsverken. Återföringspotentialen är ca 70 % i klosett-vattensystemet, 47 % i urinsorteringsystemet och 27 % i slamsystemet. Detta ger en återföringspotential som är 2,6 gånger högre för klosett-vattensystemet jämfört med slamsystemet. En annan aspekt gäller vattenförbrukningen, som generellt är lägre för klosett- och urinsorterade system då toaletter med snålspolande funktioner är att föredra. Utöver detta innebär separeringen av klosett-vattnet och dess lagring i slutna tankar att systemet med hög sannolikhet inte sprider patogener eller andra oönskade ämnen till närmiljön. Förorening och näringsämnen når på så vis inte heller vattendrag eller hav (Avloppsguiden 2010, s.3)

## 2.4 Fosfatmalm – en ändlig resurs

Fosfor, kväve och kalium är essentiella näringsämnen för växter och används i stor skala vid gödning av odlingsgrödor. Om brist på något av dessa näringsämnen uppstår begränsas skördarnas omfattning allvarligt (Heuer et al. 2017).

Kvävegödsel utvinns ur atmosfäriskt kväve genom den energikrävande Haber-Bosch-metoden. Fosforgödsel, däremot, utvinns ur fosfatmalm som är en ändlig resurs. Lättillgänglig fosfatmalm beräknas i dagsläget ta slut inom 300–400 år. Fosfatmalmen är ojämnt utspridd över jordklotet med de högsta koncentrationerna i Marocko, USA och Kina. Idag används i västvärlden samt i en del asiatiska länder adekvata till överdrivna mängder fosforgödsel, medan flertalet länder i Afrika, Sydamerika och Asien lider brist på det samma (Heuer et al. 2017).

Den ojämna fördelningen försätter merparten av världens länder i en beroendeställning och äventyrar därmed tillgången på fosfor, vilket även kan äventyra tillgången på föda. Ett sätt att säkra de nationella fosforresurserna vore därför att skapa en hållbar recirkulation av fosfor och på så vis minska importberoendet. En

tidsskala på hundratals år kan tyckas lång och problematiken därmed avlägsen, men recirkulationen för med sig flera mer dagsaktuella fördelar. En stor del av det kväve och fosfor som läcker ut i Östersjön och bidrar till övergödningen kunde istället användas på odlingsmark.

## 2.5 Spridning av avloppsfraktioner på åkermark – riskfritt?

En del studier har utförts för att undersöka halterna av olika ämnen i grödor som gödslats med avloppsslam från reningsverk. I ett pågående fältprojekt där både rötat och avvattnat avloppsslam spridits på åkermark i Malmö och Lund sedan år 1981 har det kunnat konstateras att metallhalterna i slammet har minskat avsevärt i jämförelse med när slammet började spridas. Reningsmetoderna för att avlägsna metaller har förbättrats i reningsverken, vilket har reducerat slammets metallhalter med genomsnittliga 60 % sedan försöket inleddes. Dock har halterna av bland annat koppar, zink och kvicksilver ökat i marken på grund av gödningen med avloppsslam. Det intressanta är dock att upptaget av tungmetaller i grödorna inte ökat då metallhalterna i marken ökat. Metallhalterna i grödorna påverkas således inte av slamtillförsel, inte ens då tillförseln är trefaldig. Fältförsöken påvisar även en ökad skörd av grödor vid slamtillförsel samt en ökad bördighet i marken (Andersson 2015, s.7).

I dagsläget talas det även mycket om läkemedelsrester och andra kemikalier i avloppsfraktionerna. I de reningsmetoder som beskrivits ovan i rapporten avdödas sjukdomsalstrande bakterier och virus. Dock kvarstår problematiken med läkemedelsrester i hushållsvattnet, som det i idag inte finns heltäckande reningsmetoder för att avlägsna. Läkemedlen utsöndras från kroppen via urin och fekalier och följer med hushållsvattnet till reningsverken. De är kemiskt stabila och därmed svårnedbrytbara, vilket gör att de passerar reningsverken och följer med i det utgående vattnet. Lite kunskap finns hittills om läkemedlens effekt på människor, djur och växter via spridningen i marken (Naturvårdsverket 2016).

I en screeningsundersökning utförd år 2010 undersökes bland annat halter av läkemedel i inkommande samt utgående vatten från avloppsreningsverk inklusive deras recipienter i Umeå, Skövde, Stockholm och Uppsala. Resultatet visade en förekomst av 92 läkemedel i det inkommande vattnet och 52 läkemedel i det utgående vattnet från minst ett av reningsverken. I det inkommande vattnet uppmättes koncentrationer motsvarande några fåtal  $\text{ng/dm}^3$  upp till  $540 \mu\text{g/dm}^3$  och mediankoncentrationen uppmättes till  $53 \text{ng/dm}^3$ . Den högsta halten som detekterades var paracetamol, som uppgick till  $540 \mu\text{g/dm}^3$ . I det utgående vattnet uppmättes koncentrationer från några fåtal  $\text{ng/dm}^3$  upp till  $4 \mu\text{g/dm}^3$  och mediankoncentrationen till  $35 \text{ng/dm}^3$ . Den högsta detekterade halten var diklofenak, som uppmättes till  $3,9 \mu\text{g/dm}^3$  (Fick et al. 2011, s.25). De undersökta läkemedelshalterna hade således minskat i reningsprocesserna. Dock kan inga slutsatser om effekter vid spridning av avloppsslam på åkermark dras från denna studie.



## 3 Avloppslösningar och reningsmetoder

### 3.1 Toaletter

Avloppsguiden.se erbjuder på sin hemsida ett antal olikatoaletter. Toaletter är främst avsedda för enskilda avlopp som ej är anslutna till det kommunala avloppsnätet, men fungerar även i anslutning till nätet. Dessa beskrivs nedan kortfattat, varpå fördelar och nackdelar med varje toalett redovisas.

#### Urinsortering

Urinsortering innebär att urinen avskiljs från fekalerna och BDT-vattnet. Urinsorterande toaletter har således separata utlopp för urin och fekalier samt papper. Urinen leds genom en ledning till en sluten tank nedgrävd på fastigheten eller i källarutrymmet.

##### 3.1.1 Urinsorterande torrtoalett

I den urinsorterande torrtoaletten åtgår inget eller minimalt med vatten. Vissa torrtoaletter har en spolningsfunktion för urinutloppet, andra spolas vid behov manuellt med en mindre mängd vatten. Fekalier och papper samlas i en behållare i toaletten eller faller ned i ett uppsamlingskärl, som exempelvis placeras i bostadens källarutrymme (af Petersens et al. 2005, s.17). Urinsorterande torrtoaletter tillverkas i både plast och porslin. (Avloppsguiden 2014m).

Toaletten kräver en separat ledning för urinen, samt en behållare för urinen, en behållare för fekalerna och en reningsanläggning för BDT-vattnet. Investeringskostnaden varierar mellan 5 000 till 10 000 kr och inkluderar toalett och fekaliebehållare (Avloppsguiden.se 2009a).

#### Fördelar

- Vattenförbrukningen är minimal jämfört med en konventionell vattentoalett. Detta lämpar sig särskilt bra i områden där det råder vattenbrist.
- Utbyte av befintligt torrdass mot urinseparerande torrtoalett reducerar luktbesvär och förekomst avflugor.
- Näringsämnen och övriga föroreningar i urin och fekalier når inte omgivningen och utgör därmed inte en hälso- eller miljörisk.
- Möjlighet till recirkulation av näringsämnen. Urin kan användas som gödsel på gården/odlingsmark och fekalier kan efterkomposteras och användas som jordförbättrare. Alternativt körs de källsorterade fraktionerna till en gemensam hygieniseringsanläggning.

#### Nackdelar

- Installation av en separat ledning samt tank för urinen krävs.
- Vissa torrtoaletter har en fläkt och då krävs elanslutning.
- Användning av torrtoaletten fordrar arbete i form av tömning av urintank samt fekalier vid jämna mellanrum.

##### 3.1.2 Urinsorterande vattentoalett

I den urinsorterande vattentoaletten spolas bägge utlopp med vatten. Urin leds till en tank och fekalier och papper spolas ned och förs tillsammans med hushållets BDT-vatten till en reningsanordning (af Petersens et al. 2005, s.12). Investeringskostanden för endast toaletten varierar mellan 5 000 till 10 000 kr (Avloppsguiden.se 2009a).

## Fördelar

- Vattenförbrukningen kan minskas med upp till 60 % i jämförelse med en konventionell vattentoalett.
- Möjlighet till recirkulation av näringsämnen.

## Nackdelar

- Installation av en separat ledning samt tank för urinen krävs.
- Användning fordrar arbete i form av tömning av urintank vid jämna mellanrum.
- Urinskålen bör rengöras med jämna mellanrum för att förhindra stopp i urinvattenlåset.
- Näringsämnena i fekalierna återanvänds ej.

### 3.1.3 Urinsorterande vattentoalett med avskiljning av fekalier mha cyklonseparator

För att åstadkomma en ännu högre utvinning av näringsämnen kan även fekalierna tas tillvara på. Detta görs med hjälp av en cyklonseparator, som ansluts till den urinseparerande vattentoaletten. Det fasta materialet i fekalieblandningen avskiljs i cyklonseparatorn, varpå det förs vidare till en latrinkompost för efterkompostering (af Petersens et al 2005, s.14).

## Fördelar

- Materialet kan efter komposteringen användas som mull på odlingsmark.
- Ca 70–80 % av växtnäringsämnena i fekalierna kan tas tillvara på genom cyklonseparering

## Nackdelar

- Installation av en separat ledning samt tank för urinen krävs.
- Användning av toaletten fordrar arbete i form av tömning av urin- samt latrinbehållare vid jämna mellanrum.

### 3.1.4 Extremt snålspolande toalett

Den extremt snålspolande toaletten brukar 0,2 till 0,5 liter vatten vid spolning. Tekniken bygger på ett speciellt vattenlås som endast tillåter små volymer vatten. Dessa toaletter är huvudsakligen anpassade för sommarstugor, husbilar och husvagnar. Fekalier och urin kan ledas till en sluten tank genom separat ledning och BDT-vatten till en reningsanläggning. Investeringskostaden för toaletten varierar mellan 4 000 och 6 000 kr (Avloppsguiden.se 2009a).

## Fördelar

- Besparar vatten, fördelaktig i områden där vattenbrist råder.
- Möjlighet till kretslopp och tillvaratagande på näringsämnen.
- Vid användning av sluten tank hindras utsläpp av näringsämnen och patogener till miljön.

## Nackdelar

- Fordrar arbete i form av tömning av sluten tank (ifall sådan används).

### 3.1.5 Mulltoalett och multrum

Multrummet är försett med en stor behållare för uppsamling av fekalier, urin och även hushållsavfall (Avloppsguiden.se 2009a). Behållaren placeras vanligen i källarutrymme under toaletten. Mulltoalettens uppsamlingsbehållare är mindre och placeras i anslutning till toalettstolen. I multrummet samt mulltoaletten sker en sluten biologisk nedbrytningsprocess under mekanisk eller manuell omrörning av avfallet. Resultatet blir en hygieniserad produkt med jordförbättrande egenskaper. I de fall då slutprodukten ska användas i odlingslandet rekommenderas efterbehandling av slutprodukten i latrinkompost. Vissa multrum har även uppsamlingskärl för överloppsvätska, vilken kan nyttjas på odlingsmark. Dock bör vätskan av hygieniska orsaker lagras i ett års tid innan användning. Multrum och mulltoalett kräver värme och behöver placeras i ett uppvärmt utrymme samt elanslutning för fläkt. Isolerande material kan även användas i uppsamlingsbehållaren. Det är möjligt att avskilja urinen från multrum och mulltoalett, men avfallet i uppsamlingsbehållaren måste ha en viss fukthalt för att nedbrytningen ska ske (Avloppsguiden 2014k).

Inuti huset krävs för multrummet utrymme för uppsamlingsbehållaren. För både multrum och mulltoalett krävs elanslutningen för fläkten. Utanför huset krävs en reningsanordning för BDT-vatten, om det inte är så att fastigheten är ansluten till det kommunala avloppsnätet. Investeringskostnaden för ett multrum varierar från 15 000 till 20 000 kr (toalett, fläkt och kompostbehållare) och för mulltoalett mellan 5 000 och 15 000 kr (toalett inklusive kompostbehållare och fläkt) (Avloppsguiden.se 2009a).

#### Fördelar

- Låg vattenförbrukning
- Kretsloppsverkande toalettlösningar, näringsämnen kan nyttjas som gödning på odlingsmark.
- Låg risk för övergödning och/eller kontaminering av miljön.
- Mulltoalett kräver till skillnad från multrum ingen extra yta.
- Hushållsavfall kan komposteras i multrumets behållare.
- Mulltoalett billigare alternativ än multrum.
- Mulltoalett kan placeras nästan varsohelst (behöver inget extra utrymme för uppsamlingsbehållaren).
- Multrum töms mer sällan än mulltoalett (vid samma belastning).

#### Nackdelar

- Multrum kräver plats för uppsamlingsbehållare.
- Mulltoalett och multrum kräver uppvärmning.
- Mulltoalett och multrum kräver elanslutningen för fläkt.
- Multrum samt mulltoalett fordrar skötselarbete i form av tillsats av strö, tömning av behållare samt eventuell omrörning av avfall.
- Multrum och mulltoalett kan ge upphov till dålig lukt, förekomst av flugor och vätskeöverskott.
- Mulltoalett kräver mer skötsel än multrum (tömning oftare).
- Risk för kväveförlust vid kompostering.

### 3.1.6 Utedass

Utedasset är den enklaste och billigaste toalettlösningen och lämpar sig huvudsakligen för fritidsboenden. Urinseparering kan installeras i utedasset. Latrinkompost kan användas för att återföra näringsämnen till odlingsmarken. Vid skötsel kan strö med fördel varvas med latrin, detta bidrar till att komposteringen av materialet förbättras samtidigt som lukt- och flugbesvär lindras (Avloppsguiden 2014o).

#### Fördelar

- Minimal vattenförbrukning. En bra lösning i områden där det råder vattenbrist.
- Låg risk för övergödning och/eller kontaminering av miljön. Ca 90 % av kvävet och 85 % av fosfor i hushållspillvattnet kan uppsamlas.
- Möjlighet till tillvaratagande och recirkulation av näringsämnen.

#### Nackdelar

- Skötselåtgärder krävs i form av tömning av latrin.
- Luktproblematik och förekomst avflugor kan förekomma.
- Främst en säsongsanpassad toalettlösning.

### 3.1.7 Förbränningstolett

Förbränningstoletten förbränner fekalier, urin och papper med el eller gasol i en förbränningskammare belägen i själva toaletten. Förbränningen sker under hög temperatur i 60–70 minuter, varpå aska fås. Den höga temperaturen avdödar alla sjukdomsalstrande bakterier i avfallet. Askkan sedan spridas ut i trädgården eller dylikt, men har inget större näringsinnehåll vad gäller kväve eller fosfor. Kvävet har övergått till gasform och stigit upp i atmosfären och fosfor är svårtillgänglig för växterna. Dock innehåller askan en del kalium och kalcium. För att undvika att toaletten smutsas ned (då vatten vanligtvis inte används) placeras vid varje toalettbesök ett filter i toaletten som samlar upp avföringen. Toaletten kan brukas under förbränningsprocessen.

Även vakuuntoaletter kan anslutas till en förbränningskammare. Förbränningen sker med el eller gasol. Vid varje spolning av vakuuntoaletten åtgår ca 0,5 l vatten. Investeringskonstaden varierar mellan 25 000 och 35 000 kr för en komplett toalett (Avloppsguiden.se 2009a).

#### Fördelar

- Låg risk för utsläpp av övergödande eller miljöskadliga ämnen.
- Små mängder avfall efter förbränning (några dl per person och månad).
- Förbrukar inget eller små mängder vatten.
- Förutsättning för recirkulation av kalium och kalcium.

#### Nackdelar

- Förbrukar el eller gasol. Då toaletten används ofta (ex. permanentboende) blir el- eller gasolförbrukningen hög, vilket leder till att det kan bli kostsamt.
- Avloppsprodukten/askan är ingen god återförare av fosfor och kväve.
- Fordrar arbete i form av att askan ska tömmas regelbundet.

### 3.1.8 Vakuumtoalett

Vakuumtoaletter brukar mycket lite vatten vid spolning (0,5–0,7 l per spolning) (Avloppsguiden 2014p). Vattnet används enbart vid spolning för att hålla toaletten ren. I ledningarna finns ett undertryck skapat av en vakuumenhet som ger upphov till vakuuemet för transport av fekalier och urin. Vakuumtoaletter används i stor utsträckning på bland annat fartyg och tåg, men det finns även en del vakuumtoaletter anpassade för enskilda hushåll. Vakuumgeneratoren aktiveras vid spolning och är enbart påslagen under spolningen. Fekalier och urin kan ledas till en sluten tank (Avloppsguiden 2010, s.6) och BDT-vatten till en reningsanläggning. Investeringskostanden för toalett och vakuumenhet varierar mellan 20 000 och 35 000 kr (Avloppsguiden.se 2009a).

#### Fördelar

- Låg energiförbrukning i och med att vakuumgeneratoren endast är påslagen då toaletten används.
- Låg vattenförbrukning. Vakuumtoaletten förbrukar ca 3,4 m<sup>3</sup> vatten per år och hushåll jämfört med en snålspolande WC som förbrukar 14 m<sup>3</sup> och en konventionell WC som förbrukar 27 m<sup>3</sup>.
- Kräver till skillnad från torrtoaletten inget självfall i ledningarna och även tunnare ledningar.
- Hög potential till recirkulation av näringsämnen.

#### Nackdelar

- Vakuumsystemet behöver tillgång till el.
- Fordrar skötsel i form av tömning av tank om avfallet förs till sluten tank. Anläggningen bör även kontrolleras en gång per år. Filtret på vattenventilen kan behöva rengöras ibland.

## 3.2 Sammanfattning – toaletter

Toalett	Urinsortering	Besparande av vatten	Besparande av el	Potential till kretslopp	Kostnad (kr)
Urinsortering torrtoalett	Ja	Ja	Osäkert	Ja	5000-10000
Urinsortering vattentoalett	Ja	Ja	Osäkert	Ja	5000-10000
Urinsortering vattentoalett med fekalieavskiljning	Ja	Ja	Osäkert	Ja	
Extremt snålpolande toalett	Nej	Ja	Osäkert	Ja	4000-6000
Mulltoalett	Möjligt	Ja	Osäkert	Ja	5000-15000
Multrum	Möjligt	Ja	Osäkert	Ja	15000-25000
Utedass	Möjligt	Ja	Ja	Ja	
Förbränningstoilet	Nej	Ja	Nej	I viss mån	25000-35000
Vakuumbalett	Nej	Ja	Osäkert	Ja	20000-35000

Figur 1: Nio olika toaletter och deras status vad gäller besparande av vatten samt el, potential till kretslopp och kostnad.

I Figur 1 fås en överblick av de nio olika toaletterna. För varje toalett anges huruvida toaletten har urinsortering, om den besparar vatten och el, om det finns potential till kretslopp och ett ungefärligt prisintervall för toalettens investeringskostnad. Jämförelsen av besparande av vatten och el görs i förhållande till en konventionell vattenklosett. Investeringskostnad för “urinseparerande vattentoalett med fekalieavskiljning” samt “utedass” saknas i tabellen. De urinsortering alternativa (urinsortering torrtoalett, urinsortering vattentoalett och urinsortering vattentoalett med fekalieavskiljning) har förstås urinsortering. Utöver dessa kan även mulltoalett, multrum och utedass installeras på så vis att de har urinsortering. Samtliga toaletter brukar mindre volymer vatten än en konventionell vattentoalett. Osäkerheter råder kring huruvida toaletterna brukar mindre el än en konventionell vattentoalett, med undantag för utedasset som inte kräver någon el över huvud taget. Vid användandet av samtliga toaletter finns potential till tillvaratagande och återanvändning av näringsämnen. Den extremt snålpolande toaletten, utedasset och vakuumbaletten kan med fördel anslutas till slutna tank. Förbränningstoiletten utgör ett undantag, eftersom fosfor i askan inte är i växttillgänglig form och därmed inte tas upp av växterna i så stor utsträckning.

Investeringskostnaderna varierar mellan 5 000 kr och 35 000 kr. Den extremt snålpolande toaletten har den lägsta kostnaden på 4 000–6 000 kr. Utedasset saknar kostnad i tabellen men lär vara ett av de billigare alternativa. Förbrännings- och vakuumbaletterna uppgår till de dyraste alternativa med en maximal kostnad på 35 000 kr. Kostnadsuppgifterna är från år 2010 och ämnar därför endast ge en fingervisning om prisklassen.

### 3.3 Behandling av avloppsvatten och BDT-vatten

Flera metoder finns för rening av avloppsvatten och BDT-vatten. Efter spolning genomgår avloppsvattnet först rening i en slamavskiljare, varpå det förs vidare till en reningsanläggning.

#### 3.3.1 Infiltrationsanläggning

I infiltrationsanläggningen genomförs fysikalisk, kemisk samt biologisk rening av avloppsvattnet, som under syretillförsel leds genom marken och perkolerar ned till grundvattenytan (Avloppsguiden 2014f).

Vid rening med infiltrationsanläggning är det viktigt att markens sammansättning lämpar sig för ändamålet. Infiltrationskapaciteten får inte vara för hög, eftersom avloppsvattnet då når grundvattnet för snabbt och inte hinner genomgå fullständig rening. För låg infiltrationskapacitet lämpar sig inte heller särskilt väl då ytavrinning till vattendrag kan ske. Ifall marken är olämplig kan avloppsvattnet behöva pumpas till en annan lokalisering. Infiltrationsanläggningen kräver skötsel i form av tillsyn av luftningsrör åtminstone en gång per år för försäkran om att luftningsröret ej är vattenfyllt. Slamavskiljare bör även tömmas kontinuerligt för att undvika igensättning (Avloppsguiden 2014f). Reningsgraden för en infiltrationsanläggning kan ses i Tabell 1. Investeringkostnaden varierar mellan 40 000 och 70 000 kr, beroende på tomtens förutsättningar. Driftkostnaden varierar mellan ca 500 och 1 000 kr per år (Avloppsguiden.se 2009b).

Tabell 1: Fosfor (P), kväve (N) och biokemisk syreförbrukning (BOD) samt deras procentuella reduktion då hushållsspillvatten genomgår rening i infiltrationsanläggning (Avloppsguiden 2014f). Siffrorna är ungefärliga.

Ämne	Reduktion av ämne (%)
P	25–90
N	20–40
BOD	90–95

#### Fördelar

- Robust anläggning som kräver mycket lite skötsel.
- Hög reningsgrad av P och BOD vid optimala förhållanden.
- Kräver ej tillgång till el.

#### Nackdelar

- Låg reningsgrad av P vid sämre förhållanden och låg reningsgrad av N oberoende av förhållanden.
- Risk för läckage av näringsämnen till miljön.
- Vid placering nära dricksvattenbrunn/täkt finns risk för kontaminering av vatten.
- Svårigheter att kontrollera det renade vattnets kvalitet.
- Potentialen till recirkulation av näringsämnen är obefintlig.

#### 3.3.2 Markbädd

Då infiltrationsanläggningen inte lämpar sig är markbädden ett alternativ. Avloppsvattnet renas då inte i den befintliga marken utan i ett tillsatt jordlager, där det i likhet med infiltrationsanläggningen genomgår mekanisk, kemisk och biologisk rening. Markbädd passar då det finns risk för kontaminering av grundvattentäkter/brunnar eller då markens infiltrationskapacitet är för hög eller för låg. För hög infiltrationskapacitet kan göra att avloppsvattnet inte hinner renas innan det når grundvattnet och för låg infiltrationskapacitet

kan leda till ytavrinning av orenat avloppsvatten. Det är därav viktigt att undersöka marken för att kunna avgöra vilken typ av reningsanläggning som lämpar sig bäst (Avloppsguiden 2014i).

Vissa markbäddar, i likhet med infiltrationsanläggningar, låter det mesta av avloppsvattnet perkolera ned till grundvattnet. Dock kan de ha ett rör där överloppsvatten kan rinna ut om mängden renat avloppsvatten överstiger bäddens infiltrationskapacitet. Andra markbäddar har ett tätskikt kring botten och sidor av bädden. Tätskiktet hindrar vattnet från att nå grundvattnet och allt vatten rinner istället ut genom ett rör, som för vattnet vidare till exempelvis ett dike. Tätskiktet utgörs vanligtvis av en plast- eller gummiduk (Avloppsguiden 2014i).

Markbäddar upptar vanligtvis en yta motsvarande 20–50 m<sup>2</sup> per hushåll. Storleken utgörs av faktorer så som avstånd till grundvattenytan, avstånd till brunnar samt typ av produkt (avloppsvatten eller enbart BDT-vatten) som ska behandlas. Bädden dimensioneras vanligtvis utgående från antagandet att ca 50–60 l vatten tillkommer per m<sup>2</sup> och dygn. Vid rening kan en extra enhet för fosforreduktion behövas då det råder osäkerheter angående fosforeringen i markbäddar. Vad gäller skötsel så ska slamavskiljaren tömmas kontinuerligt för att undvika igensättning. Luftröret ska kontrolleras så att det inte är vattenfyllt och buskar samt annan vegetation ska röjas från och runtomkring bädden (Avloppsguiden 2014i). En kontrollbrunn kan med fördel anläggas i anslutning till bäddens utgående vatten.

Tabell 2: Fosfor (P), Kväve (N) och biokemisk syreförbrukning (BOD) samt deras procentuella reduktion då hushållsspillvatten genomgår rening i marbädd. Siffrorna är ungefärliga (Naturvårdsverket 2003, s.14).

Ämne	Reduktion av ämne (%)
P	25–50
N	10–40
BOD	90–99

Markbäddens genomsnittliga reduktion av fosfor är högst under de fem första åren i drift och uppgår då ungefär till 80 %. Efter en driftperiod på fem till tio år har reduktionen sjunkit till ca 50 % och efter 10–20 år i drift är reduktionen ca 25 %. Reduktionen kan variera och beror huvudsakligen av markens sammansättning samt belastningen (Naturvårdsverket 2003, s.14).

### Fördelar

- Robust anläggning som kräver lite skötselarbete.
- Vid användandet av tätskikt är risken låg för kontaminering av grundvatten.
- Hög reningsgrad av organiskt material och patogener.
- Möjlighet att kontrollera vattnets kvalitet (om tätskikt finns).
- Kräver ej tillgång till el.

### Nackdelar

- Låg reningsgrad av fosfor (reningsgraden beror på belastningen).
- Låg reningsgrad av kväve.
- Potentialen till återföring av näringsämnen är låg.



### 3.3.3 Kompaktfilter/biomoduler/prefabricerade filter

Kompaktfilter, som även benämns biomoduler alternativt prefabricerade filter, erbjuder biologisk rening av avloppsvatten. Vattnet rinner genom kompaktfiltret och renas av en biofilm bestående av bakterier och svampar. Patogener och organiskt material avlägsnas samtidigt som ammonium oxideras till nitrat, se Tabell 3 (Avloppsguiden 2014h).

Kompaktfiltret kan anläggas som en markbädd eller en förstärkt infiltration. Kompaktfiltret tar mindre plats än en markbädd (ca 10–15 m<sup>2</sup> gentemot 20–50 m<sup>2</sup>) och placeras med fördel på mindre tomter. Ifall filtret anläggs som en infiltrationsanläggning dimensioneras det utefter markens infiltrationsförmåga. Det är även möjligt att placera filtret inuti en låda eller brunn (Avloppsguiden 2014h).

Fosfor kan inte renas i ett kompaktfilter, utan måste renas på annat sätt. Om filtret anläggs som en markbädd renas fosfor exempelvis i sandskiktet under filtret. Filtret kräver skötsel i form av att luftningsröret kontrolleras årligen för försäkran om att det inte är vattenfyllt (Avloppsguiden 2014h).

Tabell 3: Fosfor (P), kväve (N) och biokemisk syreförbrukning (BOD) samt deras procentuella reduktion då hushållsspillvatten genomgår rening i kompaktfilter. (Avloppsguiden 2014h). Siffrorna är ungefärliga.

Ämne	Reduktion av ämne (%)
P	liten
N	20–40
BOD	ca 90

#### Fördelar

- Hög reduktionsgrad av BOD.
- Upptar avsevärt mindre yta i jämförelse med markbädden.
- Robust anläggning som i allmänhet är okänslig för störningar.
- Kräver lite skötselarbete.

#### Nackdelar

- Filtret har i allmänhet lägre reningsgrad av fosfor jämfört med markbädd och infiltrationsanläggning.
- Ingen möjlighet till tillvaratagande och recirkulation av näringsämnen.
- Låg reningsgrad av kväve.

### 3.3.4 Kemisk fällning

Kemisk fällning är en metod som kan användas för att avlägsna fosfor från avloppsvattnet. Ofta används vid fällningen aluminium- eller järnföreningar, som doseras i ledningen innan avloppsvattnet nått slamavskiljaren alternativt i samband med att vattnet når slamavskiljaren. De tillsatta kemikalierna reagerar med fosfor och gör att den övergår från vattenlöslig fas till fast fas. Den fasta fosfor faller ned till botten och bildar ett fosforrikt slam, som sedan kan avskiljas och samlas upp från resten av avloppsvattnet. Eftersom denna teknik enbart avser kemisk rening brukar den kombineras med mekanisk och biologisk rening. Kemisk fällning används i storskaliga reningsverk såväl som minireningsverk och är även ett bra komplement till enskilda avlopp i kombination med markbädd eller infiltration (Avloppsguiden 2014g).

Vid installation behövs en styrenhet, doseringsapparat, en behållare som rymmer ca 20 l, tillgång till avlopps- och vattenanslutning samt elektricitet (220 V). Då fosforfällningen bidrar till ökad mängd slam är det nödvändigt att använda en större slamavskiljare (4–5 m<sup>3</sup>) än normalt. Avloppsvattnet måste uppehålla

sig tillräckligt länge med de tillsatta kemikalierna för att fällningen ska ske. Därav är det viktigt att slamavskiljaren är tillräckligt stor så den inte måste tömmas för ofta (Avloppsguiden 2014g). För reningsgrad av fosfor, kväve och BOD se Tabell 5 (Avloppsguiden 2014g).

Tabell 4: Fosfor (P), kväve (N) och biokemisk syreförbrukning (BOD) samt deras procentuella reduktion då hushållsspillvatten genomgår rening med kemisk fällning. (Avloppsguiden 2014g). Siffrorna är ungefärliga.

Ämne	Reduktion av ämne (%)
P	50–90
N	låg
BOD	låg

### Fördelar

- Potentiellt hög reningsgrad av fosfor.
- Relativt låg elförbrukning och därmed även låg kostnad.
- Hög potential för återföring av fosfor till odlingsmark. Kretsloppsverkande system.

### Nackdelar

- Låg reningsgrad av kväve och BOD.
- Kräver kombination med annan typ av reningsanläggning för komplett rening.
- Kräver tillgång till el och vatten.
- Kräver skötselarbete i form av slamtömning (2 ggr/år), byte av kemikaliebehållare (några ggr/år).

### 3.3.5 Fosforfilter

Fosforfilter är en metod som avser rena vattnet från fosfor. Filtret är försett med ett ämne, vanligen kalk, som binder till sig fosforpartiklarna och därmed avskiljer dem från avloppsvattnet. Fosforfiltret är, i likhet med metoden för fosforfällning, inte en komplett reningsmetod utan behöver kombineras med biologisk och mekanisk rening. Filtret placeras vanligen i en filterbrunn efter slamavskiljare och markbädd. Det är viktigt att markbädden har ett tätskikt så att inget vatten perkolerar ned till grundvattenytan och därmed undgår filtreringen. Det filtrerade vattnet har ett högt pH-värde och bör uppsamlas oåtkomligt för människor och djur (Avloppsguiden 2014d).

Fosforfiltret är en robust anläggning som kräver lite skötsel. Dock bör filtret bytas ut ibland för optimal rening. pH för det utgående renade avloppsvattnet kan fungera som en indikator för hur väl filtret fungerar. Vid lägre pH bör således filtret bytas ut. Filterbytet går till på olika sätt beroende på dess storlek, större filter byts med kranbil och mindre filter kan bytas för hand. Uppsamlad fosfor kan nyttjas på odlingsjord efteråt och kräver inte någon efterbehandling pga dess bakteriedödande pH-värde (Avloppsguiden 2014d).

Tabell 5: Fosfor (P), kväve (N) och biokemisk syreförbrukning (BOD) samt deras procentuella reduktion då hushållsspillvatten genomgår rening med fosforfilter. Siffrorna är ungefärliga (Avloppsguiden 2014d).

Ämne	Reduktion av ämne (%)
P	ca 90
N	0–30
BOD	okänt

## Fördelar

- Hög reningsgrad av fosfor.
- Hög potential till återanvändning av fosfor.
- Robust system.

## Nackdelar

- Måste kombineras med andra reningstekniker för optimal rening av avloppsvatten.
- Potentiellt låg reningsgrad av kväve och okänd reningsgrad av BOD.
- Fordrar skötselåtgärder i form av filterbyte.

### 3.3.6 Minireningsverk

I minireningsverk sker ofta samma reningsprocedur som i större kommunala reningsverk, det vill säga sedimentering, biologisk rening och kemisk fällning. Minireningsverken finns i flera olika modeller och har olika stor kapacitet att rena avloppsvatten. Vissa modeller renar vatten från enskilda hushåll (5 personer) och andra har kapacitet att rena vatten från flertalet hushåll. En rekommendation är dock att minireningsverk enbart används vid en kapacitet på 25 pe eller högre, eftersom minireningsverket kräver en del skötsel som är något oskälig att kräva av en privatperson (Morey Strömberg). En del reningsverk innehåller slamavskiljare, medan andra kräver att slamavskiljare köps separat (Avloppsguiden 2014j).

Minireningsverket kan placeras under mark på tomten eller i källarutrymme och upptar en yta på ca 3–10 m<sup>2</sup>. Reningen av fosfor och BOD är hög medan reningsgraden av kväve i de flesta verk är lägre, se Tabell 11. Det råder osäkerheter kring reduktionen av smittämnen (Avloppsguiden 2014j).

Slam bör med kommunens hjälp avlägsnas från verket ca 1–2 gånger årligen. Slammet kan även tas tillvara på och komposteras på tomten. Användaren bör kontrollera verkets drift nu och då samt fylla på kemikalier. Det rekommenderas att någon typ av larm installeras för varning av driftstörningar. Efterbehandling av det renade vattnet kan vara behövligt innan det släpps ut i vattendrag eller liknande (Avloppsguiden 2014j). Investeringskostnaden för minireningsverk inklusive efterbehandling varierar mellan 100 000 och 120 000 kr och driftkostnaden uppgår till ca 3 000–6 500 kr årligen (Avloppsguiden.se 2009b).

Tabell 6: Fosfor (P), kväve (N) och biokemisk syreförbrukning (BOD) samt deras procentuella reduktion då hushållsspillvatten genomgår behandling i minireningsverk (Avloppsguiden 2014j).

Ämne	Reduktion av ämne (%)
P	70–90
N	30–60
BOD	90

## Fördelar

- Hög reningsgrad av fosfor och BOD.
- Vid eget tillvaratagande av slam finns potential till kretslopp.

## Nackdelar

- Låg reningsgrad av kväve.
- Råder osäkerhet kring reduktionen av smittämnen.

- Kräver arbete i form av påfyllning av kemikalier samt tillsyn nu och då.
- Renat avloppsslam kan behöva efterbehandling pga höga kvävehalter.

### 3.3.7 BDT-vattenfilter

BDT-vattenfiltret avser enbart rening av BDT-vatten. Filtret, som är placerat i en låda, kan grävas ned på tomten alternativt förvaras ovan jord. Reningsanordningen lämpar sig främst för fritidshus då kapaciteten är för låg för att klara av permanentboende. Vid installation krävs oftast ingen slamavskiljare och utgående vatten leds exempelvis till omgivande mark från filtret (Avloppsguiden 2014b).

BDT-vatten innehåller mycket lägre halter av näringsämnen och patogener i jämförelse med klosett-vatten. Dock innehåller BDT-vatten BOD, vilket lämpligen kan renas i markbädd eller infiltrationsanläggning. Få tester har utförts på BDT-filtrens reningsgrad och de saknar CE-certifiering (Avloppsguiden 2014b).

#### Fördelar

- Reningsystem som kräver sortering av avloppsprodukter.

#### Nackdelar

- Osäkerheter kring BDT-filtrets reningsgrad.
- Kan kräva ytterligare rening i markbädd eller infiltrationsanläggning.

## 3.4 Sammanfattning – Behandling

Behandling av BDT- och avloppsvatten	Reduktion P (%)	Reduktion N (%)	Reduktion BOD (%)
Infiltrationsanläggning	25–90	20–40	90–95
Markbädd	25–50	10–40	90–99
Kompaktfilter	Låg	20–40	90
Kemisk fällning	50–90	Låg	Låg
Fosforfilter		90 0–30	Osäkert
Minireningsverk	70–90	30–60	90
BDT-vattenfilter	Osäkert	Osäkert	Osäkert

Figur 2: Sju olika typer av reningsanläggningar för BDT- och klosett-vatten och deras respektive reningsgrader vad gäller P, N samt BOD.

Figur 2 ger en överblick över de sju olika behandlingsmetoderna av klosett- och BDT-vatten. Den procentuella reduktionen av fosfor (P), kväve (N) och organiska föreningar (BOD) anges i tabellen. Infiltrationsanläggningen, den kemiska fällningen, fosforfilter samt minireningsverk uppges ha de högsta reduktionspotentialerna av fosfor. Infiltrationsanläggningen har potentiellt den lägsta reduktionen, motsvarande 25 %, men kan vid gynnsamma förhållanden uppnå en reduktion på 90 %. Fosforfiltret uppges ha en konstant reduktion på 90 %. I kompaktfiltret är reduktionen låg och vad gäller BDT-vattenfilter råder osäkerheter kring reduktionsgraden.

När det gäller reduktionen av kväve anges minireningsverket ha den högsta reduktionen, motsvarande maximalt 60 %. Fosforfiltret och den kemiska fällningen är alternativ som främst är inriktade på reduktionen av fosfor och är därför sämre alternativ vid reduktion av kväve. Infiltrationsanläggningen, markbädden och kompaktfilter är ungefär jämlika vad gäller kvävereduktionen.

Infiltrationsanläggningen, markbädden, kompaktfiltret samt minireningsverket har den högsta reduktionen av BOD, medan den kemiska fällningen har låg reduktion av det samma. Osäkerheter råder kring fosforfiltrets och BDT-vattenfiltrets BOD-reduktion.

Belastningen samt koncentrationen av näringsämnen påverkar reningsanläggningarnas reduktionspotential. I de fall då klosettvattnen uppsamlas i en separat tank och enbart BDT-vatten genomgår rening blir belastningen och näringskoncentrationen låga i jämförelse med behandlingen av både klosett- och BDT-vatten. Vid urinsortering avskiljs merparten av näringsämnena, men en del näringsämnen i fekalier inklusive patogener måste behandlas i reningsanläggningen. Vid behandling av enbart BDT-vatten håller reningsanordningen en högre reduktion under en längre period än vid behandling av klosett- och BDT-vatten.

## 3.5 Efterbehandling

Efter att hushållsspillvattnet har genomgått rening kan det ytterligare krävas någon typ av efterbehandling för att vattnet ska bli så rent som möjligt. Nedan beskrivs Avloppsguidens olika efterbehandlingar. Efterbehandlingarna beskrivs något mer kortfattat och fördelar samt nackdelar ges ej i punktlistor som tidigare.

### 3.5.1 Biofilterdike

Efter behandling leds avloppsvattnet ut i ett dike där det genomgår slutgiltig rening. I diket filtreras en del av vattnet och bryts samtidigt ned av mikroorganismer i marken medan en annan del av vattnet avdunstar eller tas upp av växtlighet (Avloppsguiden 2014c). Dikets renande förmåga beror på en mängd olika aspekter så som dikets längd, vattnets flödes hastighet (uppehållstid), markens sammansättning, växtlighetens omfattning samt avloppsvattnets belastning. För att undvika spridning av patogener kan den del där avloppsvattnet leds in i diket täckas över så åtkomst och kontakt med vattnet försvåras (Avloppsguiden 2014c). Anläggningen kräver lite arbete. Växtligheten kan behöva slås med några års mellanrum (Avloppsguiden 2014c).

### 3.5.2 Resorptionsdike

Till skillnad från biofilterdiket är avloppsvattnet i resorptionsdiket utom räckhåll för människor och djur. Under markytan leds vattnet genom ett perforerat rör och filtreras, fastläggs samt tas upp av växtligheten (Avloppsguide 2014o). Dikets renande förmåga beror på tidigare uppräknade aspekter, se stycke 3.5.1. Ifall ytterligare fosforreduktion är nödvändig kan ett fosforbindande ämne tillsättas i diket. Anläggningen kräver mycket lite skötsel (Avloppsguiden 2014o).

### 3.5.3 Översilning

Översilning är en reningsmetod som går ut på att det behandlade avloppsvattnet leds ut över en sluttande yta med svag lutning (3–5 %). I och med att vattnet rinner över ytan kommer det i kontakt med jord, vegetation och mikroorganismer och genomgår då ytterligare behandling. Reningsmetoden tillämpas på kommunala reningsverk, dagvatten samt enskilda avlopp. Dock lämpar sig metoden främst för sommarbruk vad gäller de enskilda avloppen. En yta motsvarande 50–100 m<sup>2</sup> krävs för översilning av avloppsvatten från ett hushåll. Vattnet leds ut genom en självfallsledning och sprids på ytan genom droppsystem (Avloppsguiden 2014r).

Metoden är framgångsrik vad gäller avlägsnandet av ammonium och reducerar även i viss mån fosfor, BOD och nitrat. Risken för smittspridning minskar avsevärt då översilningen föregåtts av någon reningsmetod där patogener avlägsnats (exempelvis markbädd) (Avloppsguiden 2014r).

Översilning är i övrigt inte en arbetskrävande reningsmetod. Systemet ska ses över och kontrolleras kontinuerligt och inför vintern ska anordningen tas ur bruk (Avloppsguiden 2014r).

### 3.5.4 Våtmark

Med våtmark avses en grund bevuxen damm där avloppsvatten genomgår rening. Behandlingen lämpar sig i första hand för behandlat avloppsvatten då våtmarken kräver så stor yta för bearbetning av icke-behandlat avloppsvatten. I dammen renas vattnet av mikroorganismer som bryter ner de organiska föreningarna, varpå näringsämnen frigörs och upptas av vegetationen. Växterna skapar en stor specifik yta för mikroberna att vara på, samtidigt som de hindrar slam från att virvla upp med utgående renat vatten (Avloppsguiden 2014q).

Både denitrifikation och nitrifikation kan ske i våtmarken, beroende på om förhållandena är aeroba eller anaeroba. Nitrifikation, nedbrytning av organsikt material och patogener sker vid aeroba förhållanden. Detta kan uppnås genom översilning, som nämndes i stycke 3.5.3, eller genom att plantera växter som tillför syre till botten genom rötterna. Denitrifikation, däremot, kräver anaeroba förhållanden och även tillgång till någon form av kolkälla (af Petersens & Palmén Rivera 2010, s.48).

Våtmarken kräver ett djup på 0,1–0,4 m och en yta på 5–20 m<sup>2</sup> per person beroende på belastning. Utformningen bör vara långsmal med in- och utlopp i skilda ändar. Då det finns risk att grundvattnet kontamineras läggs ett tätskikt mellan grundvattenytan och våtmarken som förhindrar infiltration. Vid behandling i minireningsverk rekommenderas det att våtmarken placeras en bit ifrån bostadshuset, eftersom orenat vatten vid driftstopp riskerar att läcka ut och förorena. En enkel skyddsåtgärd för att förhindra smittspridning är även att anlägga ett staket kring våtmarken så att människor och djur inte kommer i kontakt med vattnet. Våtmarken kräver förhållandevis lite skötsel, rensning vart 4–20:e år beroende på belastning (Avloppsguiden 2014q). Reduktionen, se Tabell 12, av olika ämnen beror på belastning och våtmarkens omfattning. Vid överbelastning minskar reningsgraden avsevärt och speciellt vad gäller fosfor (Avloppsguiden 2014q).

Tabell 7: Fosfor (P), kväve (N) och biokemisk syreförbrukning (BOD) samt deras procentuella reduktion då de genomgår behandling i våtmark (Avloppsguiden 2014q).

Ämne	Reduktion av ämne (%)
P	60–95
N	50–95
BOD	50–95

Näringsämnen kan tas tillvara på och återföras till odlingsmark genom rensning och kompostering av sediment och vegetation i våtmarken (Avloppsguiden 2014q).

### 3.5.5 Bevattning

Avloppsvattnet kan direkt eller efter primär behandling ledas ut direkt till vegetation i form av exempelvis lövskog, energiskog eller annan busk- och trädvegetation. Växterna tar då upp vattnet och tillgodogör sig näringen, vilket innebär att utsläppet av näringsämnen reduceras avsevärt (Avloppsguiden 2014a).

Bevattningsanläggningen dimensioneras utifrån fosforbelastningens omfattning. Vanligen rör det sig om en yta motsvarande 50–100 m<sup>2</sup> för bevattning av energiskog. Anläggningarna kan vara trycksatta eller nyttja självfall genom exempelvis diken (Avloppsguiden 2014a)). Bevattningen är vanligtvis i drift under sommaren och stängs av till vintern. Alternativt kan anläggningen isoleras med exempelvis halm och användas som en ytlig infiltration under vintern (Avloppsguiden 2014a). Vad gäller skötseln av bevattningen så bör pump, fördelningsbrunn samt inspektionsbrunnar ses över kontinuerligt (Avloppsguiden 2014a).

### 3.5.6 Rotzonanläggning

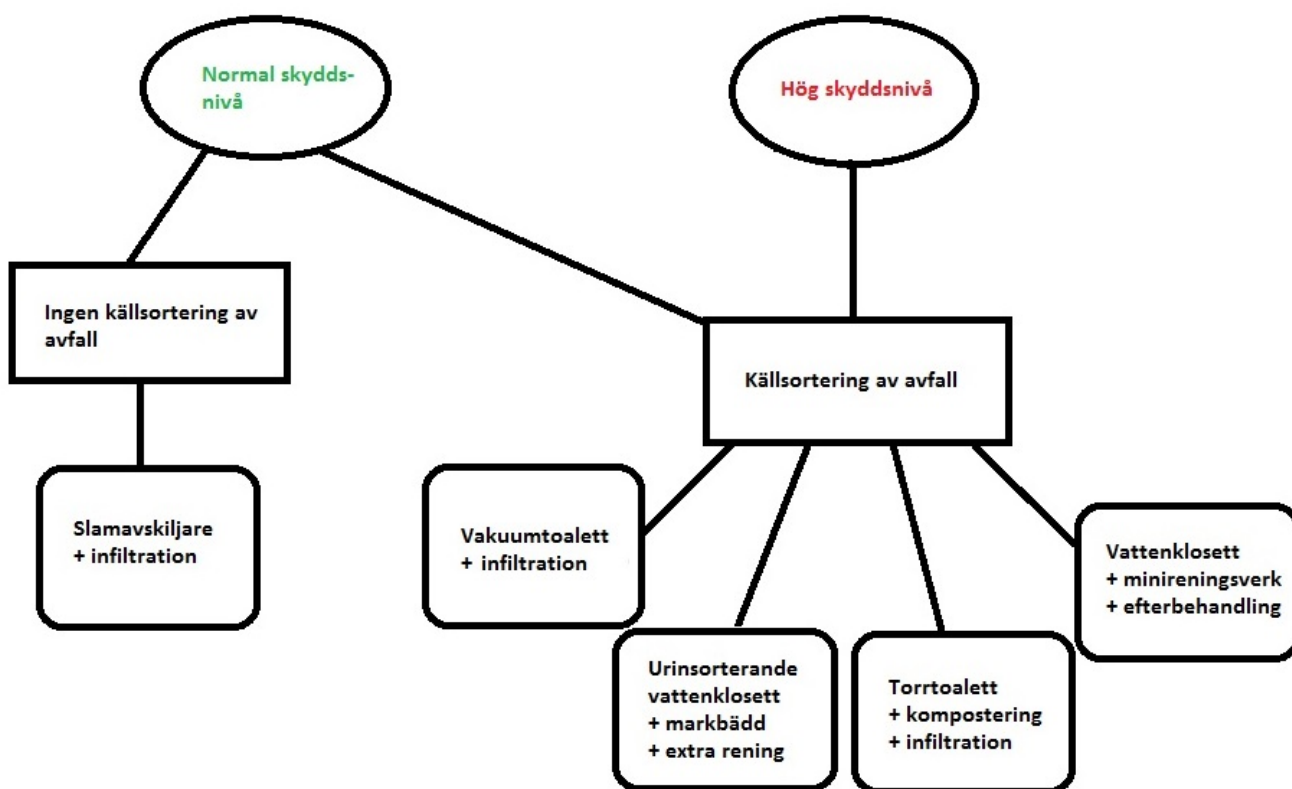
Rotzonanläggningen består av en svagt lutande vattenmättad bädd bevuxen med vattentåliga växter. Inloppet/spridningskanalen samt utloppet till anläggningen utgörs av ett lager makadam (krossat stenmaterial) och i själva bädden återfinns humushaltig sand. Utloppsvattnet leds efter behandling till en brunn vars vattennivå kan regleras (Avloppsguiden 2014l).

Metoden lämpar sig för efterbehandling av avloppsvatten eftersom den vattenmättade reduktionen av näringsämnen inte är lika effektiv som omättad behandling (dvs behandling med syreatkomst). Förutsatt att avloppsvattnet genomgått en tidigare biologisk rening uppgår reduktionen av kväve och fosfor efter behandling i rotzonanläggning till ca 50 % (Avloppsguiden 2014l). Skötselmässigt kräver anläggningen inte mycket arbete. Spridningskanalen kan behöva spolras med några års mellanrum och vattnet i utloppsbrunnen kan behöva regleras (Avloppsguiden 2014l).

## 4 Normal respektive hög skyddsnivå – vilka avloppslösningar lämpar sig beroende på situation?

JTI & Avloppsguiden (2011) ger råd om vilka avloppsanläggningar som lämpar sig i olika områden utgående från Naturvårdsverkets krav på normal respektive hög skyddsnivå. Den höga skyddsnivån gäller för känsliga områden där det finns risk att hushållspillvatten kontaminerar närbeläget vatten, både ur miljö- och hälsosynpunkt. Den normala skyddsnivån kan tolkas som lagstiftningens "golv" och gäller således i samtliga övriga fall (Naturvårdsverket 2008, s.20). Avgörande för vilken skyddsnivå som gäller är exempelvis närhet till hav/vattendrag, närhet till dricksvattentäkt, närhet till dricksvattenbrunn, markunderlaget som bostaden står på (infiltrationsförmåga), djupet till grundvattnenytan, tomtens storlek och om bostaden är belägen i glesbygd eller i tätort (JTI & Avloppsguiden 2011, s.4)

Enligt JTI & Avloppsguidens råd ska avloppsfraktionerna sorteras då hög skyddsnivå gäller, se figur 3. Passande alternativ kan då vara vakuumpolett, urinsorterande vattenklosett, torrtoalett samt vattenklosett. Vid normal skyddsnivå, det vill säga när risken för kontaminering av hälsa och miljö är liten är valmöjligheten större. Källsorteringen är inget krav, men kan vara användbar ifall näringsämnen ska återcirkuleras till exempelvis odlingsmark. Under Figur 3 följer ett antal olika situationer och föreslagna lösningar för enskilda avlopp, utgående från om skyddsnivån betraktas som normal eller hög. Det ska tilläggas att det finns fler alternativ än de som rekommenderas av JTI & Avloppsguiden.



Figur 3: JTI & Avloppsguidens framtagna förslag på lösningar för enskilda avlopp vid normal och hög skyddsnivå.



## 4.1 Enskilda avloppslösningar – förslag

### Situation 1

Bostaden är belägen i ett glest befolkat område, avståndet till grannars eventuella dricksvattenbrunnar är därmed långt. Vid inspektion av marken visar det sig att avståndet till grundvattentytan är långt och att marken har en god infiltrationsförmåga. Skyddsnivån bedöms som normal ur hälso- och miljösynpunkt. Slamavskiljare med efterföljande rening i infiltrationsanläggning lämpar sig därmed för denna bostad. Alternativa lösningar kan också användas i denna situation (JTI & Avloppsguiden 2011, s.5).

### Situation 2

Bostaden är belägen i närheten av en annan bostad och risken för kontaminering av grannens dricksvattenbrunn är hög ifall avloppsvattnet genomgår rening i infiltrationsanläggning. Skyddsnivån bedöms vara hög med avseende på hälsa. En slamavskiljare med markbädd lämpar sig därmed för denna bostad. Extra rening av fosfor i avloppsvattnet kan vara nödvändigt, speciellt om närhet till känsligt vattendrag finns (JTI & Avloppsguiden 2011, s.6).

### Situation 3

Bostaden är belägen i ett tätbebyggt område med flera dricksvattenbrunnar och en övergödd sjö i närheten. Skyddsnivån bedöms därmed vara hög ur såväl hälso- som miljösynpunkt. Flera olika alternativ beskrivs nedan för denna situation (JTI & Avloppsguiden 2011, s.7).

En torrtoalett med slamavskiljare och infiltrationsanläggning för BDT-vatten lämpar sig för denna bostad. Urin, fekalier och papper komposteras och kan användas som jordförbättrare/gödningsmedel. Infiltrationsanläggningen upptar inte lika stor yta som vid filtrering av klosett-vatten, eftersom BDT-vattnet inte innehåller lika hög halt näringsämnen och patogener (JTI & Avloppsguiden 2011, s.7).

Urinsortering kan även med fördel användas, eftersom det underlättar vid komposteringen och minskar eventuell luktproblematik (JTI & Avloppsguiden 2011, s.7). Antingen uppsamlas fekalier separat och BDT-vatten filtreras eller så behandlas urinavlastat klosett-vatten (dvs fekalier, spolningsvatten och papper) samt BDT-vatten i en tät markbädd med extra rening av fosfor. Markbädd används eftersom hög skyddsrisik för hälsa gäller och utsläpp av fekalier innebär en smittorisk (JTI & Avloppsguiden 2011, s.8). Det uppsamlade urinet kan med fördel användas på odlingsmark som gödsel, på så vis fås en recirkulation av näringsämnena samtidigt som utsläpp av näringsämnen till det övergödda vattendraget minskas avsevärt.

Ytterligare ett alternativ som lämpar sig för denna bostad är vakuumplosett till slutna tank med infiltrationsanläggning för BDT-vatten. Fekalier och urin kan upphämtas och köras till kommunalt reningsverk eller komposteras i större anläggning alternativt på tomten (JTI & Avloppsguiden 2011, s.8).

Slutligen är även minireningsverk ett alternativ, ifall en konventionell vattenklosett önskas. Klosett- samt BDT-vatten behandlas i minireningsverket med lämplig efterföljande rening, exempelvis en infiltrationsanläggning eller markbädd (JTI & Avloppsguiden 2011, s.9).

## 5 Gemensamma avloppslösningar – förslag

Toaletter och reningsmetoder som beskrevs i tidigare stycken med avseende på enskilda avlopp kan även tillämpas på avloppsanläggningar där avloppsfraktionerna från flertalet bostäder behandlas gemensamt.

Det kan vara fördelaktigt att investera i ett gemensamt avlopp av flera olika orsaker. Problematik vad gäller utsläpp av näringsämnen från enskilda avlopp kan åtgärdas med en gemensam avloppslösning med effektivare rening. Gamla avloppslösningar kan behöva renoveras eller bytas ut och i områden där det byggs nytt kan en gemensam avloppsanläggning vara ett fördelaktigt alternativ. I tätbebyggda områden kan det på grund av utrymmesbrist lämpa sig med en gemensam avloppslösning istället för att alla har separata avlopp. En gemensam avloppsanläggning med effektiv rening kan även minska risken för kontaminering av dricksvatten ifall det på området finns flertalet dricksvattenbrunnar och enskilda avlopp med dålig rening. Utöver detta kan en investering i en effektiv gemensam reningsanläggning innebära ett höjt bostadsvärde (JTI 2015, s.3).

Att bilda en förening har även sina fördelar då föreningen som juridisk person lättare gör upphandlingar än en enskild person. Ur ekonomisk synpunkt kan det underlätta ifall eventuella oväntade kostnader dyker upp, eftersom föreningen då tar sitt ansvar istället för att en ensam person ska betala. Som förening är det även lättare att få lån än som enskild person (JTI 2015, s.3).

Nedan ges förslag på avloppslösningar anpassade för 5 till 10 fastigheter, 30 till 60 fastigheter samt 60 till 120 fastigheter. Enligt af Petersens & Palmér Rivera (2010) lämpar sig dessa avloppslösningar för den åboländska skärgården. Bedömningen görs att situationen i den åboländska skärgården är lik situationen i den åländska skärgården, vad gäller bristfälliga enskilda avlopp och läckage av näringsämnen till Östersjön. Därav gjordes valet att ta med dessa avloppslösningar som förslag för Åland.

### 5.1 Avloppslösningar för 5–10 fastigheter

Två avloppslösningar erbjuds för områden med 5 till 10 fastigheter. På Retais, Korpo, finns sex fastigheter som ligger relativt nära varandra och har ganska små tomter. Fastigheterna är placerade vid en strand. För Retais lämpar sig en gemensam avloppslösning med slamavskiljning och behandling i spray- och fosforfilter. Det andra exemplet gäller Rövik på Kimitoön, där det finns 7 fastigheter, varav 4 är permanentbebodda och 3 är säsongsbodda. Fastigheterna, med sina relativt stora tomter, är placerade längs med en strand i en långsmal vik. För Rövik passar då enskilda avloppslösningar med sortering av klosettavfall till slutna tank och rening av BDT-vatten i någon typ av filterbädd (af Petersens & Palmér Rivera 2010, s.23).

#### 5.1.1 Sortering av klosettavfallet till slutna tank och rening av BDT-vatten i filterbädd

Separata ledningar installeras för sortering av klosettavfallet och BDT-vatten. Från den extremt snålspolande toaletten, exempelvis en vakuumtoalett, leds klosettavfallet till en slutna tank. BDT-vattnet leds ut för rening i ett kompaktfilter, alternativt en markbädd eller en infiltrationsanläggning (af Petersens & Palmér Rivera 2010, s.24). Denna avloppslösning fordrar arbete i form av tömning av den slutna tanken (1–2 gånger per år), tömning av slamavskiljaren (ca 1 gång vartannat år) samt kontroll av kompaktfilter/markbädden/infiltrationsanläggningen (ca 2 gånger per år) (af Petersens & Palmér Rivera 2010, s.26).

Avloppslösningen lämpar sig för glesbebyggda områden, där det inte är ekonomiskt genomförbart att ansluta fastigheterna till det kommunala avloppsnätet eller dra ledningar mellan fastigheterna. Avloppslösningen är därför avsedd för enskilda avlopp. Sorteringen av klosettavfallet är fördelaktigt i områden med hög skyddsnivå vad gäller hälsa och miljö (af Petersens & Palmér Rivera 2010, s.24). Systemet har hög potential till kretslopp då Över 70 % av fosfor och ca 90 % av kvävet efter hygienisering kan återföras till åkermark (af Petersens & Palmér Rivera 2010, s.28).

Tabell 8: Vakuumtoalett, sortering av klosettvattnen till slutna tank och rening av BDT-vatten i kompaktfiler samt en redogörelse för anläggningens storlek, reduktionsgrad samt kostnad (af Petersens & Palmér Rivera 2010, s.26). Samtliga värden är ungefärliga.

<b>Storlek:</b>	
Slutna tank (m <sup>3</sup> /hushåll)	3-6
Slamavskiljare för BDT-vatten (m <sup>2</sup> /hushåll)	2
Kompaktfiler (m <sup>3</sup> /hushåll)	10
<b>Reduktion: (%)</b>	
P	>85
N	>90
BOD	ca 95
<b>Kostnader:</b>	
<b>Investering: (euro)</b>	
Slutna tank, vakuumtoalett och vakuumenhet	4 000-5 000
Installation av vakuumtoalett och tank	1 000-3 000
Installation, slamavskiljare, ledningar och kompaktfiler för BDT-rening	0-4 000
<b>Drift: (euro/år)</b>	
Tömning av slutna tank	90-200
Tömning av BDT-vattnets slamavskiljare	60
El för vakuumtoaletten	1-5

Den totala investeringskostnaden för slutna tank, slamavskiljare för BDT-vatten, vakuumklosett, vakuumenhet, kompaktfiler, ledningar och installationer för samtliga varierar mellan 5 000 och 12 000 euro, se Tabell 8. Orsaken till att installation, slamavskiljare, ledningar och kompaktfiler för BDT-rening uppges kosta mellan 0 och 4000 euro beror på om det finns en befintlig avloppsanläggning som kan användas för rening av BDT-vatten (af Petersens & Palmér Rivera 2010, s.26). Ytterligare tillkommer kostnaden för driften, vilken varierar mellan 150 och 260 euro. Den slutna tanken upptar per hushåll ca 3-6 m<sup>3</sup> och kompaktfiltret ca 10 m<sup>3</sup> per hushåll. Slamavskiljaren upptar ca 2 m<sup>2</sup> per hushåll. Reduktionsgraden av näringsämnen uppgår för denna avloppslösning till över 85 % för fosfor, över 90 % för kväve samt ca 95 % för BOD.

### 5.1.2 Behandling av avloppsvatten med spray- och fosforfilter

Avloppsvattnet passerar genom en slamavskiljare, varpå det förs vidare till ett sprayfilter för att sprays ut jämnt över filtret. Efter sprayfilterbehandlingen leds vattnet vidare till en filterbädd med kalkbaserat filtermaterial för ytterligare rening. Sprayningen av avloppsvattnet innebär att vattnet garanterat filtreras under omättade förhållanden, vilket innebär att filtret klarar av högre belastning än en markbädd eller infiltrationsanläggning. Sprayfiltret upptar därmed en mindre yta per volymenhet avloppsvatten som ska bearbetas (af Petersens & Palmér Rivera 2010, s.29). Anläggningen kräver skötsel i form av tömning av slamavskiljaren, kontroll av pumpen och filtren (ca 1 gång/månad) samt byte av fosformaterial (ca var 15:e år) (af Petersens & Palmér Rivera 2010, s.32). Minst 50 % av fosfor bör kunna återföras till åkermark från filtren. Slammet från slamavskiljaren har inget större näringsvärde och kan föras till kommunalt reningsverk (af Petersens & Palmér Rivera 2010, s.31).

Avloppslösningen lämpar sig för enstaka hushåll upp till 100 hushåll. Fastigheterna bör inte vara lokaliserade alltför långt ifrån varandra eftersom det då blir ekonomiskt ohållbart att anlägga ett gemensamt ledningsnät. Det behöver även finnas utrymme för filtren (af Petersens & Palmér Rivera 2010, s.30).

Tabell 9: Slamavskiljare, markbädd och kemisk fällning samt en redogörelse för anläggningens storlek, reduktionsgrad samt kostnad (af Petersens & Palmér Rivera 2010, s.44). Samtliga värden är ungefärliga.

<b>Storlek:</b>	
Slamavskiljarens våtvolum (m <sup>3</sup> )	Varierar
Fosforfilter (m <sup>3</sup> )	150–280
Sprayfilter (m <sup>2</sup> )	20–30
<b>Reduktion: (%)</b>	
P	>90
N	>50
BOD	>90
<b>Kostnader:</b>	
<b>Investering: (euro)</b>	
Ledningsnät	Varierar beroende på plats
Fosfor- och sprayfilter inklusive installation	35 000–60 000
<b>Drift: (euro/år)</b>	
Slamhantering	180–400
El	Låg kostnad (krävs enbart för pumpning)
Byte av fosformatieral i bädd	1 500–3 500

Reduktionsgraden för fosfor och BOD till över 90 % och till över 50 % för kvävet, se Tabell 9. Investeringskostnaden varierar mellan 35 000 och 60 000 euro med en tillkommande årlig driftkostnad på ca 1 680–3 900 euro.

## 5.2 Avloppslösningar för 30–60 fastigheter

Två avloppslösningar ges som exempel för storleken 30–60 fastigheter. I det ena fallet föreslås slambehandling, kemisk fällning och öppen markbädd och i det andra fallet föreslås slambehandling i ett konventionellt reningsverk i kombination med ett biofilterdike. Det första fallet avses tillämpas på Trollgärda i Pargas. 16 fastigheter, en skola och ett daghem planeras anslutas till reningsanläggningen. I det andra fallet tas Mossala by på Houtskär som exempel. I byn finns ca 20 fastigheter, två radhus och ett fiskrenseri anslutet till ett bristfälligt avloppsreningsverk (af Petersens & Palmér Rivera 2010, s.35).

### 5.2.1 Slambehandling, kemisk fällning och öppen markbädd

Avloppsvattnet leds från bostäderna till en gemensam slamavskiljare, varpå avloppsvattnet genomgår kemisk rening för att fälla ut fosfor. Vidare pumpas avloppsvattnet till en öppen markbädd, där det sprids ut och genomgår biologisk rening. Markbädden kan med fördel uppdelas i sektioner, så att vissa sektioner kan vila medan andra är i drift för optimal rening. Det för även med sig fördelen att kapaciteten kan varieras utgående från antalet boende. Om det i området finns flera sommargäster kan kapaciteten ökas under sommaren och minskas under vintern. En mindre byggnad kan anläggas för den kemiska reningen med flockningskammare och kemikaliebehållare, medan tankar för slamavskiljare och eftersedimentering kan grävas ner i marken (af Petersens & Palmér Rivera 2010, s.42).

För att denna avloppslösning skall kunna realiserats krävs att det finns utrymme för utrustningen. Markbädden upptar ca 150 till 300 m<sup>2</sup>, se Tabell 10. Det är även fördelaktigt om markunderlaget inte innehåller alltför många och stora stenar, eftersom det försvårar vid grävning. Utöver detta krävs utrymme för slambehandlingen (slamavskiljare och eftersedimentering), vilken inte ska ligga för nära bostadshuset (af Petersens & Palmér Rivera 2010, s.43). Avloppslösningen lämpar sig även väl för platser där det finns flertalet säsongboende, eftersom reningskapaciteten kan justeras med avseende på belastningen. Vad gäller skötsel krävs slamtömning och rensning av markbädd. Kemikalier måste även fyllas på med jämna mellanrum (af Petersens & Palmér Rivera 2010, s.45).

Efter behandling finns det möjlighet till kretslopp vad gäller fosfor, som har samlats i slammet. Minst 50–60 % av fosfor kan återföras till odlingsmark, men den måste först genomgå hygienisering. Dock är inte allt fosfor i växttillgänglig form (af Petersens & Palmér Rivera 2010, s.44).

Tabell 10: Slamavskiljare, markbädd och kemisk fällning samt en redogörelse för anläggningens storlek, reduktionsgrad samt kostnad (af Petersens & Palmér Rivera 2010, s.44). Samtliga värden är ungefärliga.

<b>Storlek:</b>	
Slamavskiljare (m <sup>3</sup> )	20–40
Öppen markbädd (m <sup>2</sup> )	150–300
<b>Reduktion: (%)</b>	
P	>90
N	ca 40
BOD	>90
<b>Kostnader:</b>	
<b>Investering: (kr)</b>	
Ledningsnät	Stor variation beroende på plats
Installation, enhet för kemisk fällning, pumpbrunn och slamavskiljare	
Öppen markbädd	30 000–60 000
	35 000–70 000
<b>Drift: (kr/år)</b>	
El	300–700
Kemikalier	300–500
Slamberedning	1 000–7 000

Reningsgraden uppgår för denna avloppslösning till över 90 % beträffande fosfor och BOD samt runt ca 40 % vad gäller kväve. Den totala investeringskostnaden uppgår till ca 35 000–130 000 kr med tillkommande kostnad för ledningsnätet. Årlig driftkostnad motsvarar ca 1 600–8 200 kr. Kostnader varierar beroende på val av teknik samt belastning.

### 5.2.2 Konventionellt reningsverk och biofilterdike

Avloppsvattnet genomgår behandling i reningsverket, vars rening bygger på samma principer som konventionella storskaliga reningsverk. Avloppsvattnet passerar en slamavskiljare där det grövsta materialet sedimenteras för att sedan genomgå biologisk rening då BOD och kväve avlägsnas. Slutligen tillsätts kemikalier för utfällning av fosfor. När avloppsvattnet bearbetats i reningsverket leds det till biofilterbädden, vilken utgörs av ett vassbevuxet 1–2 dm djupt dike där patogener avlägsnas. Inloppet och dess närområde bör hägnas in och förses med tätskikt på botten för att minimera risken för smittospridning och kontaminering. Resterade del av diket behöver inte inhägnas (af Petersens & Palmér Rivera 2010, s.37).

För att reningsanordningen ska fungera optimalt behöver den ses över kontinuerligt, kemikalier behöver fyllas på med jämna mellanrum, doseringen bör ses över, komponenter i verket kan behöva kontrolleras och bytas ut vid behov. Även biofilterdiket kan behöva rensas ibland (af Petersens & Palmér Rivera 2010, s.39).

Avloppslösningen lämpar sig för känsliga kustnära områden. Det måste även finnas ytor där biofilterdiket kan anläggas (af Petersens & Palmér Rivera 2010, s.37). Efter hygienisering av slammet kan ca 50–60 % av fosfor återföras till odlingsmark (af Petersens & Palmér Rivera 2010, s.38).

Tabell 11: Slamavskiljare, reningsverk och biofilterdike samt en redogörelse för anläggningens storlek, reduktionsgrad samt kostnad (af Petersens & Palmér Rivera 2010, s.39). Samtliga värden är ungefärliga

<b>Storlek:</b>	
Reningsverk (m <sup>3</sup> )	Beror på fabrikat och teknik
Biofilterdike (m/hushåll)	10–20
<b>Reduktion: (%)</b>	
P	>90
N	>50
BOD	>95
<b>Kostnader: (euro)</b>	
<b>Investering:</b>	
Ledningsnät	Varierar beroende på plats
Installation + reningsverk	50 000–130 000
Anläggande av biofilterdike	Varierar beroende på plats
<b>Drift: (årlig)</b>	
El och kemikalier	4 000–11 000
Slamhantering	1 000–7 000
Serviceavtal + underhåll	500–1 000

Reningsgraden uppgår för denna avloppslösning till över 90 % beträffande fosfor och BOD samt över 50 % vad gäller kväve, se Tabell 11. Den totala investeringskostnaden uppgår till ca 50 000 euro med tillkommande kostnad för ledningsnätet och biofilterdiket. Årlig driftkostnad motsvarar ca 1 500–19 000 euro. Kostnader varierar beroende på val av teknik samt belastning.

### 5.3 Avloppslösningar för 60–120 fastigheter

Rosala by och Västanfjärd agerar exempel för avloppslösningar gällande 60–120 fastigheter. I Rosala by finns 60 fastigheter och i framtiden kommer även några radhus att byggas. I byn har ett andelslag bildats, som planerar att bilda ett ledningsnät. Byn är belägen på en sandås och tar sitt dricksvatten från grundvattnet. På sommaren har samhället problem med badvattenkvaliteten, vilken har blivit försämrad på grund av utsläppen från de enskilda avloppen. För Rosala by lämpar sig ett avloppssystem som baseras på bevattning sommartid och lagring vintertid (af Petersens & Plamén Rivera 2010, s.47).

I Västanfjärd finns redan ett reningsverk med kapacitet för 400 pe (120 m<sup>3</sup>/dag) (af Petersens & Palmén Rivera 2010, s.47). Reningsprocessen baseras på biologisk och kemisk rening. Förbättrad rening fås med efterbehandling i våtmark.

#### 5.3.1 Befintligt reningsverk med våtmark

Våtmarker konstrueras i anslutning till reningsverk för att behandla kvävet, eftersom reduktionsgraden för kvävet i reningsverken generellt är låg. Våtmarken tjänar också till att reducera BOD, fosfor och patogener. Vid driftstopp kan våtmarken agera buffert och förhindrar på så vis att orenat avloppsvatten släpps ut i känsliga områden. Det är fördelaktigt om marken under den anlagda våtmarken har låg infiltrationskapacitet. Om så inte är fallet kan ett tätskikt läggas för att förhindra kontaminering av grundvattnet (af Petersens & Malmén Rivera 2010, s.47). För vidare information om hur våtmarker fungerar, se stycke 3.5.4.

Det befintliga reningsverket kräver skötsel i form av påfyllnad av kemikalier, slamtömning, underhåll och byte av delar vid behov samt översyn. Våtmarken kräver skötsel i form av rensning vid inloppet, så att vattnet kan flöda fritt. Vegetationen kan även behöva rensas för att strömningen ska fortlöpa utan hinder (af Petersens & Malmén Rivera 2010, s.50).

Våtmarken lämpar sig i för rening av avloppsvatten från mindre reningsverk med låg reduktionsgrad av

kväve. Naturligtvis måste ytor i anslutning till reningsverket finnas tillgängliga för att våtmarken ska kunna anläggas. Våtmarken lämpar sig även för känsliga områden, där driftstörningar i reningsverken kan påverka närmiljön (af Petersens & Malmén Rivera 2010, s.48).

Tabell 12: Reningsverk och våtmark samt en redogörelse för anläggningens storlek och reduktionsgrad. Samtliga värden är ungefärliga (af Petersens & Palmér Rivera 2010, s.39). Kostnadsuppgifter saknas.

<b>Storlek:</b>	
Reningsverk ( $\text{dm}^3/(\text{hushåll}\cdot\text{dygn})$ )	600
Våtmark (ha/60–120 hushåll)	0,25–0,5
<b>Reduktion: (%)</b>	
P	95
N	80
BOD	95

Reningsverket i Västanfjärd tar emot ungefär  $600 \text{ dm}^3$  avloppsvatten per hushåll och dygn, se Tabell 12. Våtmarken skulle då, beroende på belastningen, dimensioneras på en yta motsvarande 0,25–0,5 ha. Reduktionen av näringsämnen och BOD är hög och motsvarar för fosfor ca 90 %, för kväve ca 80 % och för BOD 95 %. Näringsämnena kan tillvaratas genom rensning och kompostering av växtdelar samt sediment (Avloppsguiden 2014q).

### 5.3.2 Bevattning sommartid och lagring vintertid

Ett sätt att bli av med avloppsvattnet samtidigt som näringsämnena nyttjas är att bevattna energiskog. Även ädellövskog eller andra träd så som björk eller al kan bevattnas med avloppsvatten. Valet av gröda måste bestämmas utifrån de förutsättningar som finns på platsen. Vid odling av energiskog är det främst salix, det vill säga olika arter av vide och pil, som används. Avloppsvattnet leds genom de befintliga ledningsnätet till en slamavskiljare och transporteras sedan vidare till odlingen under sommaren och till lagringsdammar under vintern. Bevattningen sker under månaderna maj till september och lagringen under resterande månader. Lagringsdammar bör vara inhägnade för att undvika smittspridning (af Petersens & Malmén Rivera 2010, s.52). Systemet kräver arbete i form av regelbunden tömning av slamavskiljaren, reglering av ventil vid övergång till bevattning/lagring, underhåll av bevattningssystemet och skörd av grödorna (af Petersens & Malmén Rivera 2010, s.55).

Bevattning av energiskog eller annan typ av skog lämpar sig på platser där det finns tillräckligt med utrymme och passande markunderlag. Det är viktigt att avståndet till grundvattnet inte är för litet, eftersom grundvattnet då riskerar att kontamineras. Vidare behöver det finnas någon som är villig att i ett långsiktigt perspektiv åta sig skötseln av odlingen, det vill säga bevattning och skörd. Det behöver även finnas avsättning för träden, exempelvis ett värmeverk (af Petersens & Malmén Rivera 2010, s.53).

Goda förutsättningar till kretslopp finns, då större delen av näringsämnena upptas vid odlingen. En del av kvävet avges till atmosfären under lagringen (af Petersens & Malén Rivera 2010, s.54). För att uppnå ett välfungerande kretslopp och undvika kontaminering av grundvattnet är det dock av största vikt att bevattningen bestäms utifrån odlingens storlek och grödans behov vad gäller näring och vatten.

Tabell 13: Slamavskiljare, bevattningsyta och lagring samt en redogörelse för anläggningens storlek och reduktionsgrad (af Petersens & Palmér Rivera 2010, s.39). Samtliga värden är ungefärliga

<b>Storlek:</b>	
Slamavskiljare (m <sup>3</sup> )	Varierar beroende på belastning och tömningsfrekvens
Bevattningsyta (m <sup>2</sup> /hushåll)	1000
Lagring (m <sup>3</sup> /hushåll)	150
<b>Reduktion: (%)</b>	
P	≥ 90
N	≥ 80
BOD	≥ 90

Slamavskiljarens storlek avgörs av belastningens omfattning och antalet tömningar, se Tabell 13. Bevattningsytans storlek bestäms av odlingsgrödans behov av näring och vatten. Salix behöver ca 1–1,5 mm vatten daligen, vilket ger en fosforgiva på ca 10–15 kg/ha (af Petersens & Malmén Rivera 2010, s. 54). Lagringsdammarna bör utformas för 8 månaders lagring, för att ha en viss marginal. Reduktionsgraden av fosfor och BOD uppgår till minst 90 % och för kväve till minst 80 %.

## 6 Hygieniseringsmetoder

De hygieniseringsmetoder som har valts ut är våtkompostering, ureahygienisering, en kombination av våtkompostering och ureahygienisering samt urintorkning. Metoderna beskrivs nedan och om det finns befintliga anläggningar där metoderna tillämpas beskrivs även dessa. Även rötning av slam tas med, även fast det inte är en fullskalig hygieniseringsmetod.

### 6.1 Våtkompostering

Våtkompostering är en behandlingsmetod för organiskt slamformigt avfall, vilket vanligen utgörs av klosett- samt BDT-vatten, hushållsavfall och flytgödsel. Det slamformiga avfallet hygieniseras och stabiliseras i en behandlingsbehållare, även kallad reaktor, under aktiv syretillförsel (Malmén & Palm 2003, s.11).

Hygieniseringen innebär att avfallet håller en viss temperatur under ett tidsintervall så att patogena bakterier avdödas eller reduceras till mängden. Hygieniseringsprocessen sker, förutsatt att materialet har tillräckligt högt innehåll av energi, genom att mikroorganismer under syretillförsel bryter ned avfallsmaterialet och samtidigt avger värme. När det gäller avfall exklusive animalier ska komposten hålla en temperatur på över 55 °C under minst 10 timmar. Om animaliskt avfall används i komposten gäller strängare krav. Under hygieniseringsprocessen stiger pH till över pH 9, vilket även bidrar till avdödandet av de sjukdomsalsterande bakterierna (Eveborn et al. 2007, s.18).

Vidare innebär stabiliseringen att materialet förlorar energi. Då energin minskar, avtar även bakterietillväxten samtidigt som risken för syrebrist och otrevlig lukt minskar. Komplexa föreningar spjälkas och näringsämnena i materialet blir mer lättillgängliga vid efterföljande gödsling på odlingsmark (Eveborn et al. 2007, s.18). I och med att de patogena bakterierna avdödas i behandlingsprocessen krävs därmed inte någon efterföljande bearbetning eller lagring av renlighetsskäl. Ytterligare en positiv aspekt är att näringsinnehållet i slammet inte minskas under hygieniseringen. Dock måste slammet kunna förvaras i någon typ av lagringskärl tills dess att det ska spridas på odlingsmark. Det är av stor vikt att slammet förs ut vid den tidpunkt då odlingsgrödorna på det mest effektiva sättet kan tillgodogöra sig näringen i slammet (Malmén & Palm 2003, s.11).

Som tidigare nämnt är det viktigt att kompostmaterialet har ett visst energiinnehåll för att hygieniseringen ska äga rum. Ett för högt energiinnehåll orsakar ineffektiv syretillförsel, vilket gör processen onödigt energikrävande. Ett för lågt energiinnehåll innebär däremot att hygieniseringen uteblir. Utöver detta medför



även ett för lågt energiinnehåll att transporten av slammet från hushållen till våtkomposten förbrukar större mängder energi per enhet näringsämne, än om energiinnehållet skulle vara högre (Malmén & Palm 2003, s.11).

Vid driften av en våtkompost krävs förutom behandlingskammare även luftare för syresättning samt pumpar som förser behandlingskammaren med avfall. Apparaturen kan med fördel dränkas, eftersom den värme som avges i och med användningen gagnar de mikrobiella nedbrytningsprocesserna (Eveborn et al. 2007, s.12). En rekommendation är även att snålspolande eller extremt snålspolande toaletter används i de bostäder vars avfall ska bearbetas i våtkomposten. Detta för att undvika att urinet späds ut och att stora mängder vatten transporteras i onödan. Ett mer koncentrerat klosettvtatten ger också ett högre energiinnehåll, vilket gynnar hygieniseringsprocessen.

### 6.1.1 Våtkomposten i Sund

I början av millenniet anlades en våtkompost i kommunen Sund på Åland. Våtkomposten, som finansierades av EU:s miljöfond Life, tog emot klosettvtatten samt BDT-slam från bostäder i tätorterna Prästö och Bomarsund (bägge belägna i Sund). Från turistanläggningarna "Puttes camping" samt "Prästö camping" (också belägna i Sund) togs, förutom klosettvtatten och BDT-slam, även matavfall emot. Utöver detta tillsattes potatisskal från chipsfabriken i våtkomposteringen. Syftet med projektet var att skapa ett kostnadseffektivt källsorterande avloppssystem för insamling och behandling samt återföring av näringsämnen till åkermark. Till grund för projektet låg önskan om att ta tillvara på läckaget av näringsämnen från de enskilda avloppen i Sund, vilka bidrog till övergödningen av de närbelagda havsvikarna (Malmén & Palm 2003, s.9).

Överlag lämpar sig våtkomposter för bostäder på landsbygden som inte är anslutna till kommunala reningsverk och därmed ofta har låg reningsgrad av hushållspillvattnet. I Prästö och Bomarsund fanns vid denna tid 60 hushåll utan gemensam vatten- och avloppsanläggning. Hushållspillvattnet passerade enskilt per hushåll genom slamavskiljare och infiltrerades därefter eller släpptes ut i närliggande vattendrag. Slammet som slamavskiljarna samlade upp fördes till ett gemensamt reningsverk en bit bort. Denna hantering av hushållspillvattnet ansågs bristfällig, varför Prästö och Bomarsund prioriterades av Sunds kommun samt Landskapsregeringen för projekteringen av våtkomposten (Malmén & Palm 2003, s.9).

I och med anläggandet av våtkomposten separerades klosettvattnet från BDT-vattnet i ett trettiotal bostäder samt två turistanläggningar i Sund. Klosettvattnet samlades upp i slutna tankar och BDT-vattnet leddes till slamavskiljare, varpå det fördes vidare till en markbädd eller filtrerades. I bostäderna samt på turistanläggningarna installerades extremt snålspolande toaletter av märket "Mini Flush", vilka teoretiskt ska ha en vattenförbrukning på 0,8 l per spolning (Malmén & Palm 2003, s.13). De snålspolande toaletterna som installerades i Sund hade dock en vattenåtgång på ca 1 l vatten på grund av att trycket var lägre än avsett. Utöver det låga trycket upplevdes de snålspolande toaletterna svåra att rengöra, vilket ledde till flera spolningar per gång (Malmén & Palm 2003, s.23).

I våtkomposten behandlades totalt två satsar. I den första satsen tillsattes 12 m<sup>3</sup> potatisskal och i den andra satsen, för att uppnå en högre behandlingstemperatur, tillsattes 22 m<sup>3</sup> potatisskal. Mängden potatisskal i den andra satsen skapade omfattande skumbildning på platsen (Malmén & Palm 2003, s.26–27). Utöver skumbildningen uppstod ytterligare problem då det behandlade avfallet skulle spridas på åkermark. Inga jordbrukare var villiga att ta emot avfallet och Sunds kommun blev således tvungna att sprida avfallet på kommunalt ägd åkermark.

Vid ett fältbesök togs fotografier av våtkompostanläggningen. Nedan ses en av de två behandlingskammarna/reaktorerna (Figur 4), skyltar med texten "Nivågivare, Luftare och Temperaturgivare" (Figur 6), mottagningsdel med tippficka och kvarn för matavfall (Figur 7) samt kontrollanläggning (Figur 5).



Figur 4: En av de två behandlingskammarna.



Figur 5: Kontrollanläggning.



Figur 6: Nivågivare, luftare och temperaturgivare.



Figur 7: Mottagningsdel med tippficka och kvarn för matavfall.

### 6.1.2 Våtkomposten i Norrtälje

Ungefär samtidigt som våtkomposten anlades på Åland så inrättades en våtkompost i Karby i Norrtälje, Sverige. Norrtälje kommun har i likhet med Åland problematik vad gäller enskilda avlopp som belastar Östersjön med utsläpp av näringsämnen. Syftet med projektet var, utöver åtgärder gällande utsläpp från enskilda avlopp, att skapa ett kretslopp där näringsämnena från avloppsslamm och organiskt hushållsavfall tas tillvara på.

Under ett studiebesök den 7 augusti 2017 besöktes våtkomposten i Norrtälje, Karby. Ingenjören Lennart Persson, som var med och anlade våtkomposten, närvarade vid besöket och berättade att våtkomposteringen även varit problematisk i Norrtälje. Norrtälje kommun arrenderar mark av en lantbrukare, som sköter



våtkomposteringen. Precis som på Åland har det varit svårigheter med att få tag på en lantbrukare som varit villig att sprida gödselprodukten på sina odlingsmarker (Persson 2017). Våtkomposten i Karby har en mycket större kapacitet än våtkomposten på Åland. I Figur 8 kan de två reaktorerna samt kontrollhuset, varifrån våtkomposten styrs och regleras, ses. I bakgrunden skymtar efterlagret. I Figur 9 ses efterlagret och i Figurerna 10 samt 11 ses ledningar och en kontrollpanel inuti kontrollhuset.



Figur 8: Anläggningen för våtkomposteringen.



Figur 9: Efterlagret.



Figur 10: Ledningar inuti kontrollhuset.



Figur 11: Kontrollpanel inuti kontrollhuset.

## 6.2 Urea-hygienisering

Ureahygienisering är en metod där avfall (exempelvis klosettavatten, slam, stallgödsel och fekalier) behandlas med urea ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ) (af Petersens & Palmér Rivera 2013, s. 36). Hygieniseringen sker i och med att den tillsatta urean höjer pH hos avfallet, vilket leder till att patogener avdödas och reduceras. Hygieniseringens effekt är beroende av lagringstid, temperatur och mängd tillsatt urea. (af Petersens & Palmér Rivera 2013,

s. 35). Utöver ureans hygieniserande verkan förhöjs även avfallsblandningens kväveinnehåll (ammonium) utan att förbrukas under behandlingen. Ytterligare en positiv aspekt hos ammoniumet är att det löser upp materialet i svartvattnet och därmed hjälper till vid sönderdelningen av partiklarna. Ammoniakavgång till atmosfären kan dock ske på grund av det höga pH-värdet, så det är av vikt att val av hantering, lagring och spridning görs för att motarbeta förlusterna. Exempelvis kan lagringskärl täckas över för att förhindra avgången (af Petersens & Palmér Rivera 2013, s. 36).

Vid inrättandet av en urea-hygieniseringsanläggning behövs en lagringsbehållare (exempelvis en befintlig gödselbrunn), utrustning för omrörning och täckningsmaterial. Utöver detta kan även utrustning för uppvärmning vara aktuellt, beroende på omfattningen av avfallet och dess lagringstid (af Petersens & Palmér Rivera 2013, s. 37). Om befintliga gödselbrunnar finns att tillgå uppskattas övriga kostnader för anläggningen bli låga. Vid driften av urea-hygieniseringen kommer den främsta kostnaden att utgöras av tillsatsen av urea (af Petersens & Palmér Rivera 2013, s. 38).

Efter behandling kan gödselprodukten spridas på åkermark med alla typer av spridare som är avsedda för blött svämgödsel, som exempelvis tank med slangramp eller myllningsaggregat. För att undvika jordpackning kan matarslangsystem användas (Klasson 2017).

### 6.2.1 Urea-hygienisering i Haninge

Den 7 augusti 2017 gjordes ett besök till en anläggning för urea-hygienisering i Haninge, Stockholms län. Anläggningen är ett pilotprojekt som drivs av jordbrukaren Jan Klasson på Nedersta gård. Hygieniseringsanläggningen består av två mobila processtankar som vardera rymmer 45 m<sup>3</sup> samt två stationära lagringstankar som rymmer 50 m<sup>3</sup> vardera. I framtiden ska vardera processtank vara utrustad med en rostskyddad grovsil, två skärande pumpar samt en omrörare. Lagringstankarna ska förses med var sin omrörare för att undvika sedimentation under lagringsprocessen. Grovsilen placeras vid ingången till tanken och ska hindra större föremål från att ta sig in och störa processen. Silen ska automatiskt kunna tömmas med slambil. Den elstyrda driften av anläggningen är automatiserad, vilket gör att väldigt lite arbete krävs från den driftansvariga. En skärande pump har en effekt på 4 kW och pumpar 3-4 dm<sup>3</sup>/s och en omrörare har en effekt på 0,5 kW och blandar 200 dm<sup>3</sup>/s. Anläggningen tar emot klosettvattnet, det vill säga både urin och fekalier från slutna tankar. Klosettvattnet behöver inte tas från snålspolande toaletter utan klosettvattnet från konventionella vattentoaletter går även bra att använda i urea-hygieniseringen (Klasson 2017).

Vid hygieniseringen uppehålls svartvattnet i processtanken i 1–3 h. Den efterföljande lagringstiden beror på processtankens behandling. Faktorer som spelar in är mängden urea som tillsätts samt ureans koncentration, sönderdelningen, homogeniseringen (omrörningen) samt temperaturen. Vid hög koncentration av tillsatt urea, effektiv sönderdelning och omrörning samt högre temperatur sker hygieniseringen snabbare. Två lagringsförsök har gjorts och påvisar olika lagringstid beroende på ureans koncentration och utomhustemperaturen. I vintras gjordes ett försök med 1,85 % urea, vilket gav en lagringstid på tre månader pga den låga utomhustemperaturen. Vid högre temperatur tillsattes urea med koncentrationen 1 % och då lagrades gödselprodukten i sex veckor. För att bedöma när gödselprodukten lagrats tillräckligt länge tas prover och bakteriehalten analyseras. Halter av salmonella, E-coli och enterokocker analyseras då bland annat. Salmonella och E-coli dör oftast inom 48 h, medan enterokockerna dör inom sex veckor till sex månader (Klasson 2017). [kolla upp annan referens](#)

Ett problem som uppstår i och med spridandet av det hygieniserade svartvattnet är att ammonium omvandlas till ammoniak, som i gasfas avges till atmosfären. En stor del av kvävet förloras då, vilket sänker produktens gödselvärde. Ett sätt att hindra detta är att tillsätta fosforsyra innan spridning. Fosforsyran gör att ammoniumet kristalliseras och på så vis inte övergår till gasformig ammoniak. Den urea som nu tillsätts i processen är i fast fas, men i framtiden kommer flytande urea att användas (Klasson 2017).

Klasson berättar att driften hittills fortlöpt utan större problem. Driftstörningar inträffade i början av processen då den skärande pumpen i en av processtankarna slutade fungera. Därav planerar Klasson att utöka antalet skärande pumpar till två i varje tank, så att driften inte störs ifall en av pumparna tillfälligt skulle

sluta fungera. När materialet är färdigbehandlat kommer Klasson att sprida den hygieniserade produkten på åkermark där bland annat vall odlas (Klasson 2017).

I Figur 12 nedan kan anläggningen för urea-hygieniseringen ses. De två mobila processtankarna samt de längre bakomliggande lagringstankarna. Processtankarna är containrar inrättade med skärande pumpar och omrörare. I Figur 13 ses lantbrukare Jan Klasson framför en av processtankarna. Anläggningen är belägen mycket nära åkermarken som kan ses i bakgrunden. I Figur 14 ses Klasson och besökare. Klasson har tagit upp behandlat svartvatten från en av processtankarna för att visa hur produkten ser ut. I Figur 15 ses en närbild av det behandlade svartvattnet, som har homogeniserats av de skärande pumparna och urean. I Figur 16 ses behandlat svartvatten som fått stå en viss tid. I botten av tanken ses ett tunt skikt som sedimenterat till botten. En omrörare ska installeras i lagringstankarna för att undvika att sedimentering sker under lagringsprocessen.



Figur 12: Anläggningen för urea-hygieniseringen.



Figur 13: Lantbrukare Jan Klasson framför en tank.



Figur 14: Klasson visar hur produkten ser ut i processtanken.





Figur 15: Den homogeniserade produkten från processtanken.



Figur 16: Behandlad produkt som fått stå och sedimentera.

Urea-hygieniseringen är en mycket enklare metod än våtkomposteringen i och med att en viss temperatur inte måste uppnås för att fullständig hygienisering ska ske. Detta medför att hygieniseringsgraden inte beror på svartvattnets TS-halt, något som tidigare skapade problem i och med våtkomposteringen i Sund. Efter avslutad hygienisering kan dessutom fosfor, kalium eller kväve tillsättas för att få önskade halter i gödselprodukten. Gödslet skulle kunna spridas på exempelvis vall-odling eller möjligtvis äppelodlingar.

### 6.2.2 Urea-hygienisering i Kalmar, Sverige

I Kalmar anlades kring år 2013 en anläggning för ureahygienisering. Anläggningen tog sammantaget emot klosettvattnet från 14 hushåll. Klosettvattnet bearbetades under tre veckor, varpå det pumpades till en gödselbrunn för lagring innan spridning på åkermark (af Petersens & Palmér Rivera 2013, s. 37).

### 6.2.3 Urea-hygienisering i Kungsbacka, Sverige

I Kungsbacka planerades år 2013 en anläggning för urea-hygienisering. I Kungsbacka används både vakuumpoletter samt konventionella vattenklosetter, varav klosettvattnet från vakuumpoletterna skulle behandlas i första hand och avfallet från vattenklosetterna i mån av kapacitet. Befintliga gödselbrunnar fanns redan så investeringskostnaderna uppskattades inte bli särskilt höga. Driftkostanden för anläggningen beräknades bli ca 35 kr/m<sup>3</sup> klosettvattnet, baserat på ureans kostnad (5 kr/m<sup>3</sup> klosettvattnet som ska behandlas) samt ureans pris (7 kr/kg). Då urean höjer kväveinnehållet i avfallet bör det inte enbart betraktas som en kostnad (af Petersens & Palmér Rivera 2013, s. 38).

## 6.3 Kombination av urea-hygienisering och våtkompostering

Vid kombinationen av urea-hygienisering och våtkompostering förenklas våtkomposteringen avsevärt. Fördelen med metoden är att urea-hygieniseringen fungerar effektivare vid en högre temperatur. Det räcker således med att värma upp avfallet till 34 °C, istället för över 50 °C vid enbart våtkompostering. På grund av den förhållandevis låga temperaturen krävs ingen tillsats av övrigt material för att öka energinnehållet (af Petersens & Palmér Rivera 2013, s. 40).

### 6.3.1 Kombination av urea-hygienisering och våtkompostering i Södertälje, Sverige

I Södertälje kommun finns ca 6000 enskilda avlopp, varav 1500 har slutna tankar. 2000 till 3000 uppskattas vara i dåligt skick och släpper ut näringsämnen till bland annat Östersjön och Mälaren. I Höllö, Södertälje,

är problemet särskilt påtagligt då Kyrksjön och Lillsjön klassificeras som två av landets mest övergödda sjöar. På grund av denna problematik anlade Telge Nät, i samarbete med Södertälje kommun och LRF Mälardalen år 2012 en anläggning där urea-hygienisering och våtkompostering kombineras (Telge Nät). Allt klosettvattnet från området behandlas i anläggningen och förs ut på åkermark. Ett grovfilter sorterar bort oönskat material innan klosettvattnet genomgår bearbetning i anläggningen (af Petersens & Palmér Rivera 2013, s. 40).

Anläggningen är placerad på mark som arrenderas av en lantbrukare, som också sköter driften genom att bland annat köpa in urea. Ett femårigt driftavtal har skrivits mellan lantbrukaren och Telge Nät. Ifall avtalet skulle upphävas innan dessa fem år har förlöpt kan Telge Nät ta över skötseln och driften av anläggningen. Under året 2012 till 2013 har driften gått bra och det behandlade avfallet spreds för första gången på odlingsmark sommaren år 2013. Anläggningen har en för- samt efterlagringskapacitet motsvarande 400 m<sup>3</sup> respektive 1500 m<sup>3</sup> (af Petersens & Palmér Rivera 2013, s. 40). Anläggningen tar årligen emot ca 1500 m<sup>3</sup> klosettvattnet (Telge Nät).

Anläggningen kostade totalt ca 7 miljoner kr, varav de största utgifterna gick till markstabiliserande åtgärder. Ungefär hälften av kostnaden avhjälpes med LOVA-bidrag, som är ett bidrag som i Sverige kan sökas hos länsstyrelsen för lokala åtgärder för bättre havsmiljö (af Petersens & Palmér Rivera 2013, s. 40).

## 6.4 Urintorkning

Ett problem med urin som gödselmedel är dess låga näringsämneskoncentration i jämförelse med konventionellt gödselmedel. Urin innehåller ca 97 % vatten, 0,6 % kväve, 0,04 % fosfor och 0,08 % kalium i jämförelse med ureagödselmedel som innehåller 46 % kväve. För att urin ska innehålla samma mängd kväve som ureagödslet krävs således mycket stora volymer, vilket skapar logistiska problem vad gäller transport och lagring. Det är följaktligen viktigt att vattnet i urinen avlägsnas för att erhålla ett högre näringsvärde per volymsenhet (Senecal & Vinnerås 2017, s.651).

Ytterligare ett problem uppstår då urinet avlägsnas från kroppen. 85 % av kvävet i urinen återfinns i urean och befinner sig i icke-flyktig form i kroppen. Då urinen avges från kroppen hydrolyseras urean hastigt till ammoniak (NH<sub>3</sub>) under påverkan av ureaszymer och blir därmed flyktig. Ammoniak förångas snabbare än vatten, så att enbart torka urinen utan att inhibera enzymerna skulle leda till stora kväveförluster (Senecal & Vinnerås 2017, s.651).

För att lösa problematiken med det lättflyktiga kvävet och torkningen av urinet höjdes pH genom att tillsätta träaska till färsk urin vid temperaturer på 35 °C respektive 65 °C. I den alkaliska miljön (pH>10,5) inhiberades enzymerna från att hydrolysera urean till ammoniak. Efter inhiberingsprocessen kunde urinet torkas utan större kväveförluster. Undersökningen visade att 95 % av massan minskade under torkning och att 90 % av kvävet kvarstod i fast fas. Slutprodukten blev ett torrt pulver innehållande 7,8 % kväve, 2,5 % fosfor och 10,9 % kalium (SLU 2017). Enligt Senecal & Vinnerås (2017) är det framtagna gödslet jämförbart med ett konventionellt gödselmedel.

Den beskrivna tekniken för alkalisering och torkning av urin skulle kunna installeras i torrtoaletter med urinseparering, där all bearbetning av urinen sker i en och samma behållare. Torkningen åstadkoms genom att vattnet övergår från vätske- till gasfas och leds bort genom effektiv ventilering. Den förhöjda temperaturen påskyndar processen (Senecal & Vinnerås 2017, s.656). Urintorkningen är således en metod som i allra högsta grad ger möjlighet att ta tillvara på och återanvända näringsämnena i urinen.

## 6.5 Rötning av slam

Den största mängden biogas produceras i Sverige i avloppsreningsverk (Statens energimyndighet 2016, s.10). Biogastillverkningen sker under anaeroba förhållanden genom rötning av avloppsslammet. Rötningen kan ske vid så kallat mesofilt (runt 35 °C) eller termofilt förhållande (50-55 °C) (Kjerstadius et al. 2012, s.15). Fördelen med den termofila rötningen är att processen går nästan dubbelt så snabbt som den mesofila

rötningen. Den mesofila processen är dock säkrare då den är mer motståndskraftig mot temperaturombyten och ämnen som potentiellt kan inverka under behandlingen. Röttningsprocessen utörs av fyra olika stadier som benämns hydrolys, syrabildning, ättiksyrabildning och metanbildning. De slutgiltiga produkterna som fås efter rötning är metangas och gödselmateriale (Bioenergiportalen 2012). Gödselmaterialet som blir kvar efter röttningsprocessen är dock inte tillräckligt rent för att få spridas på odlingsmark för livsmedelsproduktion (Bioenergiportalen 2014).

I den anaeroba miljön producerar inte mikroorganismerna lika mycket värme som vid aeroba förhållanden. Detta innebär att värme måste tillföras under processen. I de flesta reningsverk rötas slammet vid mesofila förhållanden och i ett fåtal reningsverk under termofila förhållanden (Kjerstadius et al. 2012, s.15). I Sverige är "enstegs totalomblandad våtrötning" den vanligaste röttningsmetoden för slamformigt material. Slammet pumpas in i en lufttät kammare under konstant omrörning, vilket bidrar till jämn fördelning av temperatur och sammansättning. Efter 2–3 veckor är proceduren klar (Bioenergiportalen 2012).

Ett problem vid rötning av avloppsslam är att ungefär hälften av det tillförda organiska materialet kvarstår efter röttningsprocessen. Detta innebär att hälften av slammet inte bidrar till bildningen av biogas. För att effektivisera processen kan den uppdelas i två steg, med ett inledande hydrolys- samt syrabildande steg och ett efterföljande metangasbildande steg. Metoden har i utförda undersökningar visat sig ge ett högre utbyte av metangas samt ökad nedbrytningsgrad (Avfall Sverige 2010).

## 7 Sammanfattande diskussion och förutsättningar på Åland

I rapporten har förslag på avloppslösningar och metoder för rening av avloppsvatten lagts fram, angående såväl enskilda avlopp som gemensamma avlopp av olika omfattning. De olika toaletter som beskrivs i rapporten är urinsorterande torrtoalett/vattentoalett/vattentoalett med fekalieavskiljning, extremt snålspolande toalett, mulltoalett, multrum, utedass, förbränningstoalett och vakuumtoalett. Samtliga toaletter brukar mindre vatten än en konventionell vattenklosett, men osäkerheter råder i de flesta fall huruvida de brukar mindre el, se Figur 17. Samtliga toaletter erbjuder möjlighet till kretslopp av näringsämnen. Prisklassen sträcker sig från 4 000 till 35 000 kr.

Toalett	Urinsortering	Besparande av vatten	Besparande av el	Potential till kretslopp	Kostnad (kr)
Urinsorterande torrtoalett	Ja	Ja	Osäkert	Ja	5000-10000
Urinsorterande vattentoalett	Ja	Ja	Osäkert	Ja	5000-10000
Urinsorterande vattentoalett med fekalieavskiljning	Ja	Ja	Osäkert	Ja	
Extremt snålspolande toalett	Nej	Ja	Osäkert	Ja	4000-6000
Mulltoalett	Möjligt	Ja	Osäkert	Ja	5000-15000
Multrum	Möjligt	Ja	Osäkert	Ja	15000-25000
Utedass	Möjligt	Ja	Ja	Ja	
Förbränningstoalett	Nej	Ja	Nej	I viss mån	25000-35000
Vakuumtoalett	Nej	Ja	Osäkert	Ja	20000-35000

Figur 17: Nio olika toaletter och deras status vad gäller besparande av vatten samt el, potential till kretslopp och kostnad.

Metoderna för att rena avloppsvattnet eller enbart BDT-vattnet är flertaliga och lämpar sig olika väl beroende på situation och markunderlag. Infiltrationsanläggningen är fördelaktig i områden där markunderlaget inte har för hög infiltrationskapacitet och där avståndet till grundvattenytan är långt. Markbädd och kompaktfiler lämpar sig på de platser där markunderlaget inte tillåter infiltration. Kemisk fällning och fosforfilter utgör komplement som förbättrar reduktionen av fosfor. Minireningsverket upptar en mindre yta än exempelvis infiltrationsanläggningen eller markbädden, men efterbehandling av avloppsvattnet kan behövas. I de fall då avloppsfraktionerna sorterar och enbart BDT-vattnet genomgår rening i exempelvis infiltrationsanläggning krävs inte lika rigorös rening som i de fall då även avloppsfraktionerna skulle renas. Samtliga alternativ, förutom minireningsverket, lämpar sig för såväl enskilda avlopp som större gemensamma avloppslösningar. Minireningsverket kräver mer skötsel än övriga alternativ och rekommenderas således för flera personer (över



25 pe), som kan anlita en tekniker för att sköta verket (Morey Strömberg 2017).

Infiltrationsanläggningen, kemiska fällningen, fosforfiltret och minireningsverket uppges ha den högsta potentiella reduktionen av fosfor. Dock är spannet stort vad gäller infiltrationsanläggningen, som har en reduktion mellan 25 och 90 %, beroende på bealstning och markunderlag. Ett lämpligt markunderlag och en låg belastning i form av BDT-vatten kan tänkas ge en hög reduktionsgrad av fosfor, medan det motsatta potentiellt ger en låg reningsgrad. Markbädden uppges enbart ha en reduktion på högst 50 % och som lägst 25 %, se Figur 18. Kompaktfiltret uppges ha en låg reduktion av fosfor och BDT-filtrets reduktionsgrad är osäker. I kombination med fosforrenande komplement så som kemisk fällning eller fosforfilter förbättras reningen i de övriga reningsanläggningarna. Reduktionen av kväve är betydligt lägre för samtliga reningsanordningar och uppgår maximalt till 60 % i minireningsverket. Övriga reningsanordningar har en kvävereduktion motsvarande maximalt 30–40 %. Vad gäller reduktionen av BOD har infiltrationsanläggningen, markbädden, kompaktfiltret samt minireningsverket som lägst en reduktion motsvarande 90 %. Fosfor- och BDT-vattenfiltrets BOD-reduktion är osäker och den kemiska fällningen har låg reduktionsgrad. För att uppnå en hög reduktionsgrad krävs det att anläggningarna sköts adekvat och att belastningen inte överskrider anläggningens kapacitet.

Behandling av BDT- och avloppsvatten	Reduktion P (%)	Reduktion N (%)	Reduktion BOD (%)
Infiltrationsanläggning	25–90	20–40	90–95
Markbädd	25–50	10–40	90–99
Kompaktfilter	Låg	20–40	90
Kemisk fällning	50–90	Låg	Låg
Fosforfilter		90 0–30	Osäkert
Minireningsverk	70–90	30–60	90
BDT-vattenfilter	Osäkert	Osäkert	Osäkert

Figur 18: Sju olika typer av reningsanläggningar för BDT- och klosettatten och deras respektive reningsgrader vad gäller P, N samt BOD.

Efterbehandling av avloppsvattnet kan ske i biofilterdike, resorptionsdike, våtmark, rotzonanläggning eller med hjälp av översilning eller bevattning. Olika alternativ lämpar sig beroende på belastning och hur stor yta som finns tillgänglig.

Vid tillvaratagande på näringsämnen i avloppsfraktionerna är det fördelaktigt att sortera avloppet, eftersom högre halter näringsämnen hittas i urin och fekalier än i BDT-vattnet. Källsorteringen av avloppsfraktionerna förhindrar även utsläpp av näringsämnen till känsliga områden. I Sverige används normal respektive hög skyddsnivå som två olika mått vid bestämmelser angående avloppsbyggnationer. Skyddsnivåerna avser risker för såväl hälsa som miljö och innebär att val av avloppssystem ska göras i enlighet med den skyddsnivå som råder på platsen. Exempel på områden där hög skyddsnivå gäller är tomter i nära anslutning till sjöar och havsvikar med övergödningsproblematik, tomter vars avstånd till grundvattenytan är litet samt bostadstäta områden där det finns risk för kontaminering av dricksvattenbrunnar. I dessa fall rekommenderar JTI & Avloppsguiden sortering av avloppsfraktionerna och uppsamling av urin och fekalier. De föreslår vakuumpolett i kombination med infiltration, urinsorterande vattenklosett i kombination med markbädd och extra fosforrening, torrtoalett med kompostering av avloppsfraktioner samt infiltration och slutligen även, för de som inte känner sig bekväma med “alternativa toaletter”, konventionell vattenklosett med rening i minireningsverk och efterbehandling. Minireningsverken rekommenderas dock inte för rening av avloppsvatten från enskilda avlopp, utan för avloppsvatten motsvarande minst 25 pe. Dessa är enbart några av flertalet olika avloppslösningar som finns att tillgå. Vidare lämpar sig samtliga av de framtagna förslagen under stycket 3.1 för sortering av avloppsfraktioner. Förbränningstoalett, mulltoalett och multrum har system som tar tillvara på och behandlar urin och fekalier. De urinsorterande toaletterna förutsätter separering av urinet och vad gäller alternativen extremt snålpolande toalett och vakuumpolett finns möjlighet till separering av avlopp. Samtliga alternativ brukar mindre vatten än en konventionell vattenklosett, vilket är fördelaktigt vid uppsamling i tank eftersom tanken då inte måste tömmas lika ofta.

År 2013 stod de enskilda avloppen på Åland för 13 % av det totala fosforutsläppet samt 8,5 % av det

totala kväveutsläppet. Det är okänt hur stora de procentuella andelerna som idag utgörs av utsläpp från enskilda avlopp, men gissningsvis är siffrorna relativt oförändrade. Källsortering av avloppsfraktionerna samt effektivare rening av BDT-vattnet med eller utan avloppsfraktioner skulle sannolikt minska utsläppen och därmed även övergödningen av havsvikarna. När nya fastigheter inrättas kan normal- och hög skyddsnivå med avseende på hälsa och miljö ge en god grund vid val av avloppssystem. Vad gäller befintliga avlopp som bör åtgärdas kan efterbehandling rekommenderas. I vissa fall kanske den primära reningen är så dålig att den måste bytas ut eller restaureras.

De gemensamma avloppslösningarna som presenteras i rapporten är framtagna för den åboländska skärgården och avser tre olika kategorier vad gäller storlek; 5–10 personer, 30–60 personer samt 60–120 personer. Den åboländska skärgården ligger i nära anslutning till den åländska skärgården och områdena bedöms ha samma typ av problematik med övergödda havsvikar och bristfälliga avlopp. För 5–10 fastigheter föreslås ett kretsloppsverkande system med sortering av klosettatten till slutna tank och rening av BDT-vatten i kompaktfiler/markbädd eller infiltrationsanläggning. Ytterligare ett alternativ är att behandla avloppsvattnet från fastigheterna med spray- och fosforfilter. Vad gäller storhetsskalan 30–60 fastigheter föreslås slambehandling, kemisk fällning och öppen markbädd alternativt konventionellt reningsverk med biofilterdike. De olika alternativen lämpar sig olika väl beroende på situationen. För 60–120 fastigheter föreslås befintligt reningsverk med rening i våtmark alternativt bevattning av exempelvis energiskog sommartid och lagring vintertid. Dessa förslag är bara ett fåtal av samtliga avloppslösningar som finns att tillgå. Sorteringen av klosettatten samt bevattningen av energiskog erbjuder, av de gemensamma lösningarna, den bästa möjligheten till kretslopp av näringsämnen. De mindre kommunala reningsverken på Åland har en reningsgrad av kväve motsvarande 40–50 % och skulle därmed behöva efterföljande rening av avloppsvattnet. I mån av möjlighet kunde exempelvis en rotzonanläggning, våtmark, biofilterdike eller resorptionsdike anläggas i anslutning till reningsverket. För att åstadkomma ett kretslopp av näringsämnena kunde avloppsvattnet användas för bevattning av energiskog. Ytterligare en lösning är översilning.

För att få sprida avloppsfraktioner på odlingsmark krävs att de uppsamlade fekalierna och urinen genomgår hygienisering. Flera olika metoder finns för hygienisering. De behandlingsmetoder som tas upp i rapporten är våtkompostering, urea-hygenisering, en kombination av urea-hygenisering och våtkompostering, urintorkning samt rötning av slam. Urintorkningen är fortfarande under utveckling och rötningen erbjuder ingen fullskalig hygienisering. I Sund på Åland finns en våtkompost som inte använts på flera år. Sunds kommun betalar avgifter för våtkomposten, även fast den är ur bruk. På Landskapsregeringen och i Sunds kommun frågar man nu sig vad man ska göra av våtkomposten, om den ska monteras ned eller åter tas i bruk. Under våtkompostens driftperiod upplevdes en rad problem. Våtkomposteringen kräver ett visst energiinnehåll i det avfall som ska komposteras för att den höga temperaturen ska uppnås och hygieniseringen ska bli fullskalig. De småspolande toaletterna, som enligt planen skulle generera små mängder vatten och därmed bidra till ett högre energiinnehåll, var svårskötta och gav därmed upphov till flera spolningar per toalettbesök. Detta resulterade i att svartvattnet fick för lågt energiinnehåll och potatisskal tillsattes för att öka energin i produkten. Mängden potatisskal skapade dock en så omfattande skumbildning att hela anläggningsplatsen täcktes av skum. Vidare uppstod ytterligare problem då komposteringsprodukten skulle spridas på åkermark eftersom ingen visade sig villig att ta emot produkten (Nordback 2017).

I Norrtälje, Sverige, finns en våtkompost som togs i bruk ungefär samtidigt som våtkomposten på Åland. I Norrtälje har driften av våtkomposten fungerat bättre, men Norrtälje har samma problem som Åland när det kommer till spridningen av det behandlade svartvattnet. Ingen lantbrukare är villig att ta emot produkten och använda den som gödselmedel på odlingsmark. Våtkomposteringen är en mycket mer komplicerad metod än exempelvis urea-hygeniseringen, som skulle kunna tänkas vara ett mer lämpligt alternativ för Åland i framtiden (Persson 2017). Urea-hygeniseringen ställer inte samma krav som våtkomposteringen i och med att en viss temperatur inte behöver uppnås. Svartvattnet som behandlas i en urea-hygeniseringsanläggning behöver då inte tas från småspolande toaletter, utan även svartvatten från konventionella vattenklosetter kan användas. Detta innebär även att energihöjande material, så som potatisskal, kan undvikas i driften. Förutom att tillsatsen av urean förenklar processen betydligt så höjer den även värdet på slutprodukten i och med att kvävehalten ökar. Vid våtkomposteringen förlorades en del kväve, eftersom processen förutsätter

aeroba förhållanden. Urea-hygieniseringen sker utan syretillförsel och ökar därmed halten ammonium, som dessutom bibehålls vid spridningen efter tillsats av fosforsyra. Efter avslutad hygienisering kan dessutom fosfor, kalium eller kväve tillsättas för att få önskade halter i gödselprodukten. Gödslet skulle kunna spridas på exempelvis vall-odling eller möjligtvis äppelodlingar. Om de befintliga byggnaderna i Sund kan användas för urea-hygienisering borde omställningen inte bli så kostsam som vid en ny investering. Möjligtvis kan byggnaderna behöva restaureras, eftersom det har gått närmare 20 år sedan våtkomposten anlades. Kostnaden för våtkomposten på Åland betalades till viss del med bidrag från EU:s Life-program. Om omställningen till urea-hygienisering skulle visa sig bli kostsam kanske ytterligare bidrag från Life-programmet kunde sökas.

Lantbrukaren Klasson är, om intresse finns, entusiastiskt inställd till att introducera metoden på Åland för lokala lantbrukare. Han tar även emot studiebesök i Haninge på sin gård. Vid intresse skulle Klasson kunna konstruera och sälja processtankar. Det skulle ta två till tre månader att färdigställa en processtank, vilken skulle säljas till ett pris på ca 650 000 kr.

Rötning av slam kunde även vara ett alternativ för Åland. Rötning sker i flera olika storleksskalor i Sverige, från gårdsanläggningar till samrötningsanläggningar till avloppsreningsverk (Statens energimyndighet 2016, s.10). Vid rötningen fås biogas och gödselmaterial, varav biogasen är den huvudsakliga produkten. Gödselmaterialet måste genomgå ytterligare hygienisering för att få spridas på odling av livsmedelsgrödor. Rötningen erbjuder inte det mest effektiva kretsloppet av näringsämnen, men avloppsfraktionerna nyttjas i varje fall genom produktionen av biogas. Rötningen skulle främst vara en aktuell behandlingsmetod för slammet på Lotsbroverket eller mindre kommunala reningsverk.

Spridningen av avloppsslam på åkermark möter ett visst motstånd. I fältundersökningar har det kunnat påvisas att de tungmetaller som via slammet tillförs åkermarken inte påverkar grödorna negativt. Det ska dock tilläggas att fältförsöken har utförts med slam och inte med avloppsfraktioner som behandlats i en av de ovan nämnda hygieniseringsanläggningarna. Slam och avloppsfraktioner innehåller även läkemedelsrester och andra kemikalier. De är kemiskt stabila och därmed svårnedbrytbara, vilket gör att de passerar reningsverken och följer med i det utgående vattnet. Lite kunskap finns hittills om läkemedlens effekt på människor, djur och växter via spridningen i marken.

Utöver kontamineringen av läkemedelsrester och andra kemikalier beror motståndet enligt Jennifer McConville, forskare på SLU, även på den bristande tekniken vad gäller toaletter, då de urinsporterande toaletterna har upplevts svåra att rengöra och inte varit anpassade för barn. Företagen vågar inte satsa då det inte finns en efterfrågan och kommunerna vågar inte ställa krav då de inte litar på att tekniken fungerar. Bland jordbrukare finns det heller ingen större efterfrågan på gödsel från källsorterat avloppsmaterial, eftersom handelsgödsel fortfarande är relativt billigt och lätt att hantera (Andersson 2017). Vidare anses det dåliga informationsutbytet mellan kunksapsutvecklingen och näringslivet utgöra ett stort hinder vid etableringen av källsorterande avloppssystem. Det finns i Sverige få pilotprojekt och över huvud taget få aktörer inom området.

## 8 Slutsats

De hållbara avloppslösningar som idag används är alternativ till den konventionella vattenklosetten. Dessa alternativ brukar en mindre mängd vatten och en del av dem källsorterar även avloppsfraktionerna. Bland de alternativ som föreslås finns urinsorterande torr- och vattenklosetter, extremt snålspolande toaletter, mulltoalett, multrum, förbränningstoalett samt vakuumtoalett. Då fekalier samt framförallt urin är de avloppsfraktioner som innehåller mest näringsämnen med avseende på fosfor och kväve är sortering av klosettvattnet fördelaktigt vid tillvaratagande och recirkulering av näringsämnen. BDT-vattnet alternativt det urinavlastade avloppsvattnet leds till en reningsanläggning, vilken vanligen utgörs av en infiltrationsbädd, markbädd, kompaktfilter, fosforfilter, minireningsverk eller BDT-vattenfilter. Rening kan även ske med hjälp av kemisk fällning. Även efterbehandling i biofilterdike, resorptionsdike, rotzonanläggning, våtmark eller med hjälp av översilning eller bevattning kan behövas för att avlägsna näringsämnena. Vid sortering av avlopps-

fraktionerna behöver fekalier och urin tas om hand och behandlas för att kunna spridas på åkermark som gödselmedel. Avloppsfraktionerna behöver då genomgå hygienisering, som kan ske med hjälp av bland annat våtkompostering, urea-hygienisering samt en kombination av urea-hygienisering och våtkompostering.

De avloppslösningar som skulle kunna införas på Åland för att minska utsläppen och öka tillvaratagandet på näringsämnen i avloppsvattnet är främst källsorterande avloppssystem. En förutsättning för att dessa ska kunna implementeras är dock att avloppsfraktionerna behandlas och att någon är villig att ta emot dem och sprida dem på odlingsmark. Urea-hygieniseringen föreslås vara en passande metod för Åland, då den är avsevärt enklare än våtkomposteringen. Den sundsbelägna våtkompostens lokaler skulle potentiellt kunna användas vid den nya typen av hygienisering, vilket skulle minska investeringskostnaderna. Extremt snålspolande toalett och vakuumtoalett kunde användas, eftersom de brukar mindre mängder vatten vilket är fördelaktigt då tömningen av lagringstankarna inte behöver ske så ofta. Det är dock inget krav vid urea-hygieniseringen, som även kan behandla svartvatten från konventionella vattenklosetter. Dock möter spridningen av behandlade avloppsfraktioner ett visst motstånd, eftersom fraktionerna innehåller läkemedelsrester och andra kemikalier. Det finns i dagsläget lite kunskap om läkemedlens påverkan på människor, djur och växter via spridningen i marken.

## 9 Referenser

af Petersens, E., Kvarnström E., Johansson M. (2005). *Helsingborg interreg – Handbok om urinsortering*. Uppsala & Stockholm: WRS Uppsala AB & Verna Ekologi AB.

af Petersens, E., Palmér Rivera, M. (2010). *Förstudie om kretsloppsanpassade avloppslösningar för byar i den åboländska skärgården*. Uppsala: WRS Uppsala AB. (2010-0240-A)

af Petersens, E., Palmér Rivera, M. (2013). *Förutsättningar för kretslopp av avfall och från vakuumtoaletter och slutna tankar i Kungsbacka*. Västra Götalands län: Hav möter Land, Länsstyrelsen i Västra Götalands län. (2013:72)

Andersson, P-G. (2015). *Slamspridning på åkermark. Fältförsök med kommunalt avloppsslam från Malmö och Lund under åren 1981–2014*. Skåne: Hushållningssällskapet. (2015:17).

Andersson Y. (2017). Sorterat avlopp testas storskaligt i Helsingborg. *EXTRAKT*. <http://www.extrakt.se/jordbruk-och-djurhallning/sorterat-avlopp-testas-storskaligt-i-helsingborg/> [2017-07-20]

Avfall Sverige (2010). *Rötning med inledande biologiskt hydrolyssteg för utökad metanutvinning på avloppsreningsverk och biogasanläggningar. Förstudie*. Malmö: Avfall Sverige. (Avfall Sverige 2010:06).

Avloppsguiden (2014a). *Bevattning*. Tillgänglig:

Tillgänglig: <http://husagare.avloppsguiden.se/bevattning.html> [2017-07-11]

Avloppsguiden (2014b). *BDT-vattenfilter för fritidshus*.

Tillgänglig: <http://husagare.avloppsguiden.se/bdt-vattenfilter-för-fritidshus.html> [2017-07-10]

Avloppsguiden (2014c). *Biofilterdike*.

Tillgänglig: <http://husagare.avloppsguiden.se/biofilterdike.html> [2017-07-10]

Avloppsguiden (2014d). *Fosforfilter*.

Tillgänglig: <http://husagare.avloppsguiden.se/fosforfilter.html> [2017-07-07]

Avloppsguiden (2014e). *Förbränningstolett*

Tillgänglig: <http://husagare.avloppsguiden.se/förbränningstolett.html> [2017-07-05]

Avloppsguiden (2014f). *Infiltration*.

Tillgänglig: <http://husagare.avloppsguiden.se/infiltration.html> [2017-07-06]

Avloppsguiden (2014g). *Kemisk fällning*.

Tillgänglig: <http://husagare.avloppsguiden.se/kemisk-fällning.html> [2017-07-07]

Avloppsguiden (2014h). *Kompaktfilter/biomoduler*.

Tillgänglig: <http://husagare.avloppsguiden.se/kompaktfilterbiomoduler.html> [2017-07-06]

Avloppsguiden (2014i). *Markbädd*.

Tillgänglig: <http://husagare.avloppsguiden.se/markbädd.html> [2017-07-06]

Avloppsguiden (2014j). *Minireningsverk*.

Tillgänglig: <http://husagare.avloppsguiden.se/minireningsverk.html> [2017-07-10]

- Avloppsguiden (2014k). *Multrum och mulltoaletter*.  
Tillgänglig: <http://husagare.avloppsguiden.se/multrum-och-mulltoaletter.html> [2017-07-05]
- Avloppsguiden (2014l). *Rotzonsanläggning*.  
Tillgänglig: <http://husagare.avloppsguiden.se/rotzonsanlaggning.html> [2017-07-11]
- Avloppsguiden (2014m). *Urinsorterande torrtoalett*.  
Tillgänglig: <http://husagare.avloppsguiden.se/urinsorterande-torrtoalett.html> [2017-07-04]
- Avloppsguiden (2014n). *Urinsorterande vattentoalett*.  
Tillgänglig: <http://husagare.avloppsguiden.se/urinsorterande-vattentoalett.html> [2017-07-04]
- Avloppsguiden (2014o). *Utedass (latrin)*.  
Tillgänglig: [http://husagare.avloppsguiden.se/utedass-\(latrin\).html](http://husagare.avloppsguiden.se/utedass-(latrin).html) [2017-07-05]
- Avloppsguiden (2014p). *Vakuumtoalett*.  
Tillgänglig: <http://husagare.avloppsguiden.se/vakuumtoalett.html> [2017-07-05]
- Avloppsguiden (2014q). *Våtmark/damm*.  
Tillgänglig: <http://husagare.avloppsguiden.se/vatmarkdamm.html> [2017-07-11]
- Avloppsguiden (2014r). *Översilning*.  
<http://husagare.avloppsguiden.se/oversilning.html> [2017-07-11]
- Avloppsguiden (2010). *Toaletter för källsortering*. Uppsala: Avloppsguiden.
- Avloppsguiden.se (2009a). *Olika typer av toaletter – en översiktlig jämförelse*.
- Avloppsguiden.se (2009b). *Systemlösningar för enskilt avlopp – en översiktlig jämförelse*.
- Balmér, P. Avfall. I: *Nationalencyklopedin*.  
Tillgänglig: <http://www.ne.se.ezproxy.its.uu.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/avlopp> [2017-06-29]
- Bioenergiportalen (2014). *Biogasproduktion i Sverige*. Tillgänglig: <http://www.bioenergiportalen.se/?p=1455&m=1121> [2017-08-02]
- Bioenergiportalen (2012). *Så framställs biogas*. Tillgänglig: <http://www.bioenergiportalen.se/?p=1457> [2017-07-31]
- Carlsson Reich, M. (2002) *Samhällsekonomisk analys av system för återanvändning av fosfor ur avlopp*. Stockholm: Naturvårdsverket (NV rapport 2002:5221).
- Eberson, L. Hydrolys. I: *Nationalencyklopedin*. Tillgänglig:  
<http://www.ne.se.ezproxy.its.uu.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/hydrolys> [2017-07-17]
- Ehde, L., Berggren, A. (2016). *Hållbart kretslopp av små avlopp*. Malmö: Avfall Sveriges Utvecklingsansats (2016:07).
- Eveborn, D., Malmén, L., Persson, L., Palm, O. & Edström, M. (2007). *Vatkompostering för kretsloppsanpassning av enskilda avlopp i Norrtälje kommun*. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik. (JTI

rapport, 2007:38)

Fick, J., Lindberg H. R., Kaj, L., Brorström- Lundén E. (2011). *Results from the Swedish National Screening Programme 2010*. Stockholm: IVL Svenska Miljöinstitutet. (IVL rapport B2014)

Hjelmqvist J., Johansson M., Tegelberg L. (2012). *Återföring av näring från små avlopp*. CIT Urban Water Management AB (Urban Waters rapportserie, 2012:1)

Heuer S., Gaxiola R., Schilling R., Herrera-Estrella L., López-Arredondo D., Wissuwa M., Delhaize E. & Rouached H. (2017). Improving phosphorus use efficiency: a complex trait with emerging opportunities. *the plant journal*, vol. 90, ss. 868–885. DOI: 10.1111/tpj.13423

Jansson, P-E. Infiltration. I: *Nationalencyklopedin*. Tillgänglig: [http://www.ne.se.ezproxy.its.uu.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/infiltration-\(hydrologi\)](http://www.ne.se.ezproxy.its.uu.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/infiltration-(hydrologi)) [2017-07-06]

JTI & Avloppsguiden (2011). *Enskilt avlopp. Vilken teknik passar dina förutsättningar?* Uppsala: Kunskapscentrum Små Avlopp. [Broschyr] [2017-07-03]

JTI (2015). *Gemensamt avlopp – så kan det gå till*.

Kirchmann, H. (2005). *Recirkulation av avfall i olika kulturer*. Uppsala: SLU, Institutionen för markvetenskap, avd. för växtnäringslära. (2005:211)

Kjerstadius, H., la Cour Jansen, J., Stålhandske, L., Eriksson E., Olsson M. & Davidsson Å. (2012). *Rötning av avloppsslam vid 35, 55 och 60 °C*. Stockholm: Svenskt Vatten Utveckling. (SVU Rapport, 2012:15)

Lantbrukarnas Riksförbund (u.å.) *LRFs kretsloppsmodell – så här fungerar det*. Stockholm: LRF. [Broschyr] [2017-07-18]

Lantbrukarnas Riksförbund (2012). *Skapa intresse och möjligheter att förverkliga LRFs kretsloppsmodell*. Stockholm: LRF.

Malmén, L., Palm, O. (2003). *Uppsamling, våtkompostering och användning av klosettatten och organiskt avfall i Sunds kommun, Åland*. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik. (JTI rapport, 2005:27).

Nationalencyklopedin a. *BOD*. Tillgänglig: <http://www.ne.se.ezproxy.its.uu.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/biokemisk-syreförbrukning> [2017-07-06]

Nationalencyklopedin b. *Enzymer*. Tillgänglig: <http://www.ne.se.ezproxy.its.uu.se/uppslagsverk/encyklopedi/enkel/enzymer> [2017-07-17]

Nationalencyklopedin c. *flytgödsel*. Tillgänglig: <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/flytgödsel> [2017-06-28]

Nationalencyklopedin d. *torrsubstans*. Tillgänglig: <http://www.ne.se.ezproxy.its.uu.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/torrsubstans> [2017-06-26]

Nationalencyklopedin e. *urea*. Tillgänglig: <http://www.ne.se.ezproxy.its.uu.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/urea> [2017-07-17]

Naturvårdsverket (1989). *Faktablad om enskilda avlopp*. Stockholm: Naturvårdsverket.

Naturvårdsverket (2003). *Små avloppsanläggningar. Hushållspillvatten från högst 5 hushåll*. Stockholm: Naturvårdsverket.

Naturvårdsverket (2016). *Läkemedel i miljön*. Tillgänglig: <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Manniska/Miljogifter/Organiska-miljogifter/Lakemedel/> [2017-08-01]

NSVA. *Bräddning och nödutsläpp* Tillgänglig: <http://www.nsva.se/var-verksamhet/ledningsnat/braddning-och-nodutslapp/> [2017-06-22]

Senecal, J., Vinnerås b. (2017). Urea stabilisation and concentration for urine-diverting dry toilets: Urine dehydration in ash. *Science of the Total Environment*, vol. 586, ss. 650–657.

SLU (2017). *Torrt gödselmedel från urin*. Tillgänglig: <https://blogg.slu.se/kretsloppsteknik/category/urintorkning/> [2017-07-17]

Statens energimyndighet (2016). *Produktion och användning av biogas och rötrester år 2015*. Eskilstuna: Statens energimyndighet (2016:04). Tillgänglig: <https://www.energimyndigheten.se/globalassets/nyheter/2016/es-2016-04-produktion-och-anvandning-av-biogas-och-rotrester-ar-2015.pdf>

Telge Nät. *Unik kretsloppsanläggning*. Tillgänglig: <http://www.telge.se/vatten-avlopp/kretsloppsanlaggning/> [2017-07-14]

Tibbelin, E. (2010). *Jämförelse mellan våtkompostering och andra VA-system i omvandlingsområden – en fallstudie i Norrtälje kommun*. Uppsala: Uppsala Universitet.

Ålands Landskapsregering (2015a). *Förvaltningsplan för avrinningsdistriktet Åland, år 2016–2021* (2015). Tillgänglig: [http://www.regeringen.ax/sites/www.regeringen.ax/files/attachments/page/forvaltningsplaner\\_for\\_avrinningsdistriktet\\_aland\\_16\\_okt\\_2016.pdf](http://www.regeringen.ax/sites/www.regeringen.ax/files/attachments/page/forvaltningsplaner_for_avrinningsdistriktet_aland_16_okt_2016.pdf) [2017-07-31].

Ålands Landskapsregering (2015b). *Åtgärdsprogram för grundvatten, sjöar och kustvatten 2016-2021*. Åland: Mariehamn.

## Icke-pulicerat material

Erik Nordback, byggnadsinspektör och kometekniker i Sund. Möte på Sunds kommunkansli. [2017-07-03]

Amelia Morey Strömberg, verksamhetsansvarig för Utvecklingscentrum för Vatten på Campus Roslagen i Norrtälje. Diskussioner under studiebesök till Haninges anläggning för urea-hygienisering. [2017-08-07]

Lennart Persson, ingenjör med lång erfarenhet inom VA-branschen. Var med och byggde upp våtkomposten i Karby, Norrtälje. Diskussioner under studiebesök till Haninges anläggning för urea-hygienisering samt till Karbys våtkompost. [2017-08-07]

Dan Klasson, lantbrukare som driver urea-hygieniseringsanläggningen på sin gård. Diskussioner under studiebesök till anläggningen. [2017-08-07]