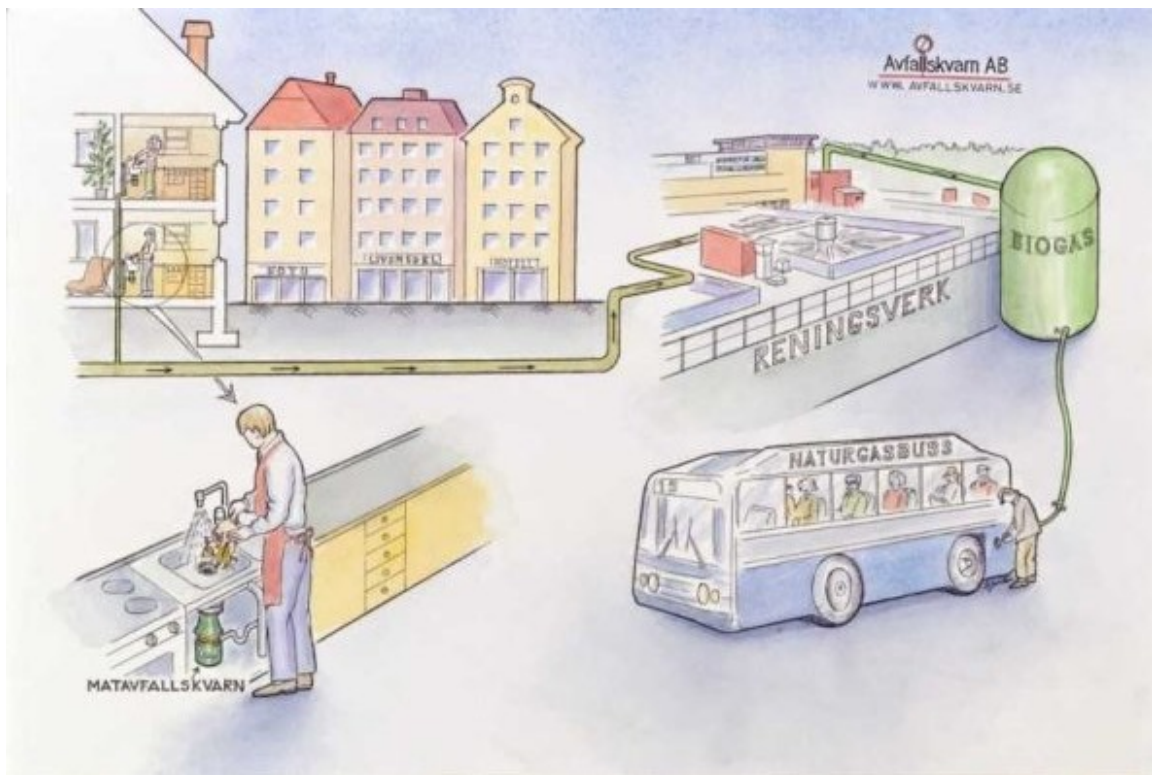


Projektrapport

Kemiteknik
KTH Kemiteknik
Högskoleingenjörutbildningen

Avfallskvarnar **- Ett hållbart alternativ för ökad** **biogasproduktion vid Käppalaverket?**



(Avfallskvarn AB)

KTH, Stockholm
2008



KTH Kemiteknik
Högskoleingenjörutbildningen

PROJEKTRAPPORT

TEMA: Kemiteknik, avfallshantering
TITEL: Avfallskvarnar – ett hållbart alternativ för ökad biogasproduktion vid Käppala
GRUPP: 2

DELTAGARE: Thomas Cassirer
Therese Luthman
Ismael Safi
Johanna Svanmo
Zohreh Syrman Talebi

HANDLEDARE: Fredrik Setterwall, professor emeritus, Kemisk apparatteknik,
KTH

DATUM: 2008-03-11

EXAMINATOR: Sara Thyberg Naumann

Sammanfattning

För att uppfylla regeringens krav på att år 2010 återvinna minst 35 % av samhällets matavfall genom biologisk behandling vill Käppalaförbundet utreda möjligheten att införa avfallskvarnar i hushåll och storkök. Matavfallet mals ned och transporteras i avloppsledningarna till reningsverket, där det omvandlas till biogas och rötslam med hjälp av rötning. Projektet utfördes i samarbete med Käppala reningsverk och baseras på tidigare studier och erfarenheter av avfallskvarnar. Syftet var att studera och utreda hur införande av avfallskvarnar för 5 000 pe, 25 000 pe respektive 50 000 pe kommer att påverka miljö, Käppalas reningsverk, biogasproduktion samt vilka konsekvenser införandet av avfallskvarnar kan ha på ledningssystem, pumpar och reningsverk. Dessutom utfördes en kostnadsbedömning med avseende på installation av avfallskvarnar, vilken kostnad detta kommer att innebära för hushållet, Käppalaförbundet och det företag som ansvarar för installation av kvarnar. Den ökade intäkten i form av biogas uppskattas endast som teoretisk mängd producerad biogas. För att utreda miljökonsekvenser och ekonomiska konsekvenser vid införandet av avfallskvarnar jämfördes alternativen mot andra behandlingsalternativ av organiskt material, alternativen var förbränning och kompostering. Dessutom behandlas alternativet med en stor kvarn som malar allt matavfall från de 11 kommunerna, denna avfallskvarn placeras på en soptipp i upptagningsområdet.

Rapporten lyfter fram avfallskvarnar i hushåll och restauranger som ett bra miljöalternativ, det är dessutom ett enklare sätt att källsortera. Rekommendationerna grundas på tidigare studier som visar att avfallskvarnar inte medför några problem med igenstoppningar och svavelvätebildning i ledningsnätet. Avfallskvarnar rekommenderas ej i områden där ledningsnätet inte kan hantera den ökade belastningen, då detta kan resultera i bräddning. Samma problematik finns för reningsverk, dock föreligger inga kända problem under förutsättning att reningsverket är dimensionerat för att ta emot den ökande mängden slam. Systemet förenklar dessutom avfallshanteringen och ökar biogasproduktionen. Käppala reningsverk producerar 6 miljoner m³ biogas per år och anses dimensionerat för den ökade belastningen. Om malt matavfall skulle tillföras röt-kammaren skulle biogasproduktionen öka med 340 000 m³/år för 50 000 anslutna pe. Vid transport av avloppsvattnet till reningsverket måste avloppsvattnet höjas maximalt 60 meter, 20 meter per pumpstation. De befintliga pumparna behöver inte ersättas då de har kapacitet för den ökade belastningen däremot uppstår en ökad kostnad i form av elbehov pga. ökat effektbehov. Kostnadsökningen är försumbar jämfört med dagens kostnad för befintligt flöde.

Viktigt vid val av avfallskvarnar är; effektbehov, ljudnivån och matningsmetoden. För tankar är även partikelstorlek och andelen torrs substans viktig för att slammet skall vara sugbart. Satsvis matade avfallskvarnar är säkrare jämfört med kontinuerligt matade dels på grund av säkerhetslocket och dels då risken är liten för att de överbelastas. Hänsyn måste även tas till vilket system avfallskvarnen skall kopplas till, då det i huvudsak finns två olika system. Det ena systemets kvarnar är kopplade till det vanliga avloppsnätet och det andra systemets kvarnar är kopplade till en avloppstank. Denna avloppstank måste tömmas regelbundet med slambil till Käppala reningsverk.

En kostnadsbedömning utfördes av de olika behandlingsalternativen av organiskt material. För ett hushåll är kostnaden för installation, inköp och service av en avfallskvarn ca 2 100 kr/år, dessutom ingår ett sopkärl på 140 liter för övrigt avfall. Kostnaden är baserad på en 8 års period. Investeringen för installationsföretaget är lönsam inom 1-3 år respektive 4-5 år beroende på val av leverantör. Kostnaden för restauranger och storkök ser annorlunda ut, då installationen ofta innefattas av ett helt system med avfallstank som töms med slambil. Överlag är system med avfallskvarnar dyrare än traditionell sophämtning men ur arbetsmiljö synpunkt ett bättre alternativ.

Innehållsförteckning

1	Inledning	5
2	Syfte & mål	5
3	Metod & avgränsningar	5
4	Avfallshanteringssystem	6
4.1	Avfallskvarnar	6
4.1.1	Avfallskvarnar kopplade till avloppssystemet	6
4.1.2	Avfallskvarnar kopplade till avloppstankar	8
4.1.3	Avfallskvarn på soptipp	9
4.1.4	Kvarnsystem för restaurang, storkök och butiker	9
4.2	Alternativa Avfallssystem	10
4.2.1	Kompostering	10
4.2.2	Förbränning	10
4.3	Avloppssystem	10
4.3.1	Nedbrytning av matavfall i avloppsledningar	11
4.3.2	Det allmänna rörsystemet	11
4.3.3	Rörsystem inom fastighet	13
5	Teknikinventering och beräkningar	14
5.1	Avfallskvarnar	14
5.2	Tunnelsystem	15
5.3	Reningsverk	16
5.4	Rötkammare	18
6	Kostnadsbedömning	20
6.1	Kostnadsbedömning för avfallskvarnar	20
6.1.1	Investeringskalkyl för installation	20
6.1.2	Kostnadsbedömning för hushåll	21
6.1.3	Kostnadsbedömning för restauranger och storkök	22
6.1.4	Ansvarsfördelning av kostnader för avfallskvarnar	22
6.2	Kostnadsbedömning för tunnelsystem	23
6.3	Kostnadsbedömning för reningsverk	24
7	Resultat	25
8	Diskussion	26
9	Slutsats	28
10	Referenser	29
11	Bilaga	32
11.1	Bilaga 1 – Långtidsförsök i Staffanstorp	32
11.2	Bilaga 2 – Avfallskvarnsmodeller	33
11.3	Bilaga 3 – Materialflödesanalys, hushåll	34
11.4	Bilaga 4 – Material- & energibalans, pumpning	35
11.5	Bilaga 5 – Flödesschema, reningsverk	37
11.6	Bilaga 6 – Materialflödesanalys, reningsverk	38
11.7	Bilaga 7 – Materialflödesanalys, luftning	39
11.8	Bilaga 8 – Biogaspotential, beräkningar	40
11.9	Bilaga 9 – Investeringskalkyl, installation	41
11.10	Bilaga 10 – Kostnad, hushåll	43
11.11	Bilaga 11 – Beräkning, restauranger	44
11.12	Bilaga 12 - Kostnadsberäkning, pumpning	45
11.13	Bilaga 13 – Kostnadsberäkning, luftning	46

1 Inledning

Käppala reningsverk ligger på Lidingö, Stockholm och tar i dagsläget emot avloppsvatten för rening från 11 kommuner med varierande tunnelkvaliteter. De 11 kommunerna är delägare i Käppalaförbundet som driver Käppala reningsverk. (Käppala Förbundet, 2008) Reningsverket är dimensionerat för 700 000 pe och betjänar idag 560 000 pe – vilket medför en överkapacitet i reningsverket på 20 %.

Det slam som genereras i reningsprocessen rötas till biogas. Biogasen förbränns och används idag som värme i fjärrvärmenätet. Från och med 2010 planerar Käppala att förädla producerad biogas till fordonsgas. För att generera mer biogas krävs en högre andel organiskt material i inkommande avloppsvatten, vilket kan nås genom att transportera hushållens matavfall med avloppsvattnet till reningsverket. Enligt § 10 "Förordningen om deponering av avfall" (Miljödepartementet, 2007) får organiskt avfall ej deponeras och enligt "kretsloppspropositionen" (Regeringen, 2003) skall minst 35 % av matavfallet i samhället återvinnas genom biologisk behandling senast 2010. För att målet skall nås i Stockholms län måste den biologiska behandlingen öka från dagens ca 9 000 ton till 88 000 ton. Detta skulle kunna innebära att minst 40 % av länets villaägare samt 67 % av restauranger, storkök och butiker sorterade sitt avfall för biologisk behandling. Kommunerna Södertälje och Nykvarn når redan idag upp till målet medan Stockholm Stad endast behandlar 2,5 % av avfallet biologiskt. I flera av Käppalaförbundets kommuner behandlas i dagsläget inget avfall biologiskt. (Sundström, 2008) Avfallskvarnar är ett lämpligt alternativ och fungerar med olika avfallssystem för att återvinna det organiska material som finns i matavfall.

Käppala reningsverk (Vendel, 2008) förfogar över ett 60 km (Käppala Förbundet, 2008) långt tunnelsystem med ett självfall på ca 1 ‰ samt tre pumpstationer där avloppsvattnet höjs om 20 meter vid varje pumpstation. Vilket innebär att avloppsvattnet från den mest avlägsna kommunen kommer att höjas 60 meter.

Reningsystemet består av mekanisk rening, sandfång som följs av en försedimentering. Flödet går vidare till en aktivslam anläggning, eftersedimentering och avslutas med kemisk fällning i ett sandfilter. Renat vatten släpps ut i Saltsjön på 45 meters djup, ca 100 meter från land. Det slam som avskiljs under reningsprocessen rötas i två seriekopplade rötkammare vilket ger biogas och slamrester. Ett flödesschema över reningsystemet kan ses i bilaga 5.

2 Syfte & mål

Syftet med föreliggande projekt är att ge Käppala reningsverk ett beslutsunderlag i frågan om avfallskvarnar är ett hållbart alternativ för att öka mängden biogas.

Målet med projektet är att undersöka om installation av avfallskvarnar är en hållbar metod för att öka Käppalas biogasproduktion. Dessutom undersöks den eventuella påverkan som ökad belastning kan ge på det befintliga tunnel- och reningssystemet samt vilken teoretisk mängd biogas matavfallet kan generera.

3 Metod & avgränsningar

Käppala reningsverk arbetar idag med överkapacitet och det bedöms att en ökad belastning i form av matavfall är hanterbart. För att undersöka vilken påverkan en ökad belastning kan ge undersöks tre fall i form av 5 000, 25 000 och 50 000 anslutna pe. Dessa tre fall utgör grunden för alla beräkningar i rapporten. För att de tre fallen skall ge en realistisk bild av den ökade transportkostnad matavfallet innebär beräknas för de tre fallen ett pumparbete på 20, 40 och

60 m. Teknikinventering och utvärdering av olika matavfalls system och påverkan på reningssystemet har utförts med hjälp av litteraturstudier och industrikontakter.

Ett studiebesök på Käppala reningsverk gav information om hur reningsprocessen fungerar idag. Detta används som utgångspunkt för den ökade belastningen som det organiska materialet kommer att medföra. Beräkningar har utförts för att bestämma kostnaden för hushållen, installerande företag och Käppalaförbundet. För reningsverket utfördes beräkningar baserade på den ökade mängd avfall som belastar reningsverket samt hur stor mängd av detta som genererar biogas. Belastningen på reningsverket har beräknats, då detta ger information om var och hur matavfallet kan avskiljas från det övriga avfallet.

Fokus ligger på avfallskvarnar som kan utnyttja det befintliga tunnelsystemet för transport av organiskt avfall. Översiktligt behandlas även avfallskvarnar kopplade till slamtankar samt insamling av organiskt material för transport till gemensam avfallskvarn på en soptipp i uppsamlingsområdet. Processen avgränsas från intag i avfallskvarnen tills slammet är berett för röt-kammare men behandlar ej kommuners och fastigheters avloppsnät. En teoretisk överslagsberäkning har utförts på biogaspotentialen i den tillkommande mängden slam.

4 Avfallshanteringssystem

Organiskt material kan hanteras med hjälp av flera olika varianter på avfallshanteringssystem. Rapportens fokuserar främst på avfallshanteringssystem med någon form av avfallskvarn för att det organiska materialet skall kunna behandlas biologiskt. För att jämföra dessa avfallshanteringssystem för- och nackdelar har även två andra system beskrivits. Alternativet med avfallskvarn på soptipp innebär ett ökat flöde av organiskt material för reningsverket men för hushållen innebär systemet samma källsortering som vid kompostering.

4.1 Avfallskvarnar

Tekniken för avfallskvarnar utvecklades på 30-talet. I USA har 90 miljoner kvarnar monterats under de sista 30 åren, där en stor del av dem är kvarnar som har ersatts. Under 40 - 60-talet installerades ett stort antal avfallskvarnar i Sverige, där ca 30 000 stycken finns i drift idag. (Avfallskvarn AB)

Köksavfallskvarnar används för att mala ner matavfall och finns i flera olika typer och modeller beroende på behov. De installeras oftast under diskbänken och kopplas till avloppet där det malda matavfallet antingen transporteras via avloppssystemet till ett vattenreningsverk eller via separata rörledningar till en uppsamlingstank som töms regelbundet av slambil. (Lövstedt & Norlander, 2002)

Ett möjligt system är även central insamling av organiskt avfall för att på soptippen använda en avfallskvarn och mala ner det organiska avfallet i avloppssystemet.

4.1.1 Avfallskvarnar kopplade till avloppssystemet

Enligt användare i Staffanstorp fungerar avfallskvarnen bra och är lätt att använda, även om användaren inte läser instruktionen. Vad som fastnar och vad som måste delas i bitar innan malning ger sig efterhand. Avloppssystemet utnyttjas som transportör och kan användas dygnet runt, året om då avfallet mals och skickas till reningsverkets röttningsanläggning där det rötas till biogas. Föroreningsgraden på det avloppsvatten som skall transportera det malda avfallet bör undersökas med utgångspunkt i vilka källor som genererar avloppsvattnet. Finns dagvatten och industrier bland källorna kan detta innebära att slammets kvalitetssäkring försvåras. (Kärrman et al, 2001) Hanterar reningsverket endast avloppsvatten med godkänd kvalitetssäkring innebär malning av matavfall ingen förändring i slamkvalitén.

Enligt de teoretiska beräkningarna som utförts i tidigare studier borde vattenförbrukningen öka men i de undersökningar som utförts i Surahammar och Staffanstorp har detta inte skett. (Forsberg & Olofsson, 2003) Vattenförbrukningen vid daglig användning av en avfallskvarn är ca 4-5 liter/dag eller ca 1,5 m³/år och för restaurangkvarnar är den ca 9-13 liter/minut. Jämförelsevis åtgår det ca 5-6 liter vatten när en vanlig toalett spolats. Vanligtvis är kapaciteten hos avfallskvarnen kraftigt beroende av vattentillförseln, då en större mängd vatten medför lägre viskositet, vilket i sin tur medför att avfallet lättare rinner ut utan att orsaka stopp. Vatten kan sparas genom att köra kvarnen under tiden diskning sker, vasken sköljs eller spolning utförs för att få fram friskt vatten utförs. (Avfallskvarn AB)

Studier i USA visar att fördelarna med avfallskvarnar jämfört med central kompostering är bland annat; energi effektiviteten och de relativt små utsläppen till luften. Nackdelarna utgörs av en hög anläggningskostnad, stora utsläpp till vatten (på grund av bräddning) och stor slamproduktion. (Kärman et al, 2001)

I en dansk studie jämfördes fyra olika system för matavfallshantering ur miljöeffektsynpunkt, där avfallskvarnar kommer på tredje plats efter central kompostering, insamling och rötning. Förbränning anses vara den minst gynnade metoden ur miljöeffektsynpunkt. Jämförs systemen ur arbetsmiljö, avfallsstruktur och energi synpunkt är förbränningen däremot den mest gynnsamma metoden enligt de danska studierna. (Kärman et al, 2001)

Den miljöpåverkan som har varit känd hittills sedan avfallskvarnar togs i bruk är bland annat eutrofiering på grund av ökad mängd kväve, fosfor, BOD och COD i avloppsvatten. (Kärman et al, 2001) Denna miljöpåverkan beror till stor del på reningsverkets kapacitet och vilka mängder av avfallet som bräddas.

Undersökningar i Staffanstorp visar att en person genererar 76 kg matavfall/år och 67 % utgör en malbar fraktion. (Forsberg & Olofsson, 2003) I tabell 1 presenteras det teoretiska föroreningsbidraget från både avloppsvatten och matavfall samt den ökning av dessa som införandet av avfallskvarnar har inneburit vid försöken i Staffanstorp. I tabell 1 ses att matavfallet utgör en mindre del av den totala mängden avlopp samt att den lösta mängden BOD och P-total troligen utgör den del av matavfallet som aktivslamanläggningen måste kunna hantera. Vid införande av avfallskvarnar ökade BOD₇/ N-kvoten och troligt är att kvävemängden minskat på grund av denitrifikation i ledningsnätet. (Forsberg & Olofsson, 2003)

Tabell 1. Föroreningsmängd i avloppsvatten och matavfall med och utan avfallskvarnar. (Forsberg och Olofsson 2003)

	Avlopp[kg/pe,år]	Matavfall[kg/pe,år]	Staffanstorp total[kg/pe,år]	Staffanstorp löst[kg/pe,år]
Torrsubstans	63,9	17,5	10,2	-
BOD ₇	17,5	9,1	11,3	4,0
N-total	4,9	0,4	0,5	0
P-total	0,8	0,07	-0,3	0,2

Fördelarna med införande av avfallskvarnar vid undersökningarna i Staffanstorp visar att ca 30 % av det matavfall som hanteras idag, minskas genom avledning av avfallet via avloppsnetet. En annan fördel är att arbetet, i form av personal och transport med sopbilar som krävs när avfallet knyts i påsar och skickas till central kompostering eller förbränningsanläggningar, minskas. (Kärman et al, 2001)

De studier som hittills utförts har varit fördelaktiga. I Staffanstorp var hushållen involverade i försöket vid införande av avfallskvarnar genom att bli informerade både innan och under projektet från leverantörer samt genom personligt besök i hushållen. En utvärdering, sex månader efter försöksstarten, visade att de flesta av användarna var nöjda med att bli informerade om kvarnens funktion. (Kärrman et al, 2001)

Flera enkäter användes för att uppskatta hushållens åsikter i Staffanstorp, i första undersökningen var 30 % positiv inställda medan andelen hade ökat till 56 % i andra undersökningen. Andelen negativa var 7 respektive 8 %, andelen tveksamma minskade medan andelen osäkra ökade. Anledningen till detta var rädslan för att kvarnen skulle ställa till tekniska- och säkerhetsproblem i de fall det fanns barn i hushållet. Större delen av befolkningen i området såg kvarnarna som ett bekvämt redskap i hushållsarbetet, samt en miljöanpassad och hygienisk metod för avfallshantering. Enligt mätningarna användes kvarnen ca 2,4 ggr/dygn och 30 sekunder/gång. Av de hushåll som fortfarande använder kvarnen anser 90 % att det är ett miljövänligt alternativt för matavfallshantering, där soporna har blivit lättare, torrare och luktar mindre i bostaden. (Kärrman et al, 2001)

Under 1993-1995 infördes avfallskvarnar i Surahammar i 40 lägenheter och 10 villor, fram till år 2001 fanns kvarnar i 2000 hushåll. Hushållen kunde välja på två alternativ, där det ena alternativet innebar att hushållen själva investerade i kvarnen och ansvarade för installation. (Karlberg & Norin, 1999) Alternativ två innebar att Surahammars KommunalTeknik AB installerade kvarnen mot en fast avgift under åtta år. De hushåll som valde alternativ två erhöll en filmning av avloppsservisen¹ avgiftsfritt före installationen. Hushållen fick en driftintroduktion, en kostnadsfri reparation under första året, och resten av avtalsperioden ingick en driftgaranti. De driftproblem som framkom under tiden kvarnarna användes var bland annat stopp i kvarnen vilket orsakas av bland annat fabrikationsfel och felmontage och kunde utan några hinder åtgärdas. (Kärrman et al, 2001)

4.1.2 Avfallskvarnar kopplade till avloppstankar

Avfallskvarnar som kopplas till avloppstankar kräver ett avloppssystem som är avskilt från andra avloppssystem i huset, då endast matavfallet från kvarnen skall samlas i avloppstanken. Malt avfall och avloppsvatten från köket trycks genom ett system där avfallet mals ännu en gång och skickas med större tryck i ledningarna till en avskiljartank. (Aspegren et al, 2005) I en fettavskiljare, avlägsnas fett från det malda matavfallet där 70 % av TS i matavfallet sedimenteras och resten leds genom avloppssystemet till reningsverket. I fettavskiljaren avlägsnas partikelbundet kväve och fosfor. Slammet från fettavskiljaren sugas med transportbilar och skickas till röt-kammare där slammet rötas. (Kärrman et al, 2001)

Fördelarna med att ansluta avfallskvarnar till avloppstankar är att reningsverket kan ta emot matavfall för rötning utan att blanda det med övrigt avloppsflöde, vilket är fördelaktigt för reningsverk som även tar emot dagvatten med hög föroreningshalt. En fördel för restauranger och storkök är att systemen är utformade med fettavskiljning, vilket ger ett renare matavfall. Nackdelarna med avloppstankar är dels att ett helt nytt rörsystem måste installeras för att forsla matavfallet till reningsverket eller att transporten till reningsverket sker med slambilar. Dessa transporter kommer att generera avgaser, belastning på vägnätet samt transportkostnader. Avloppstankar är därmed ett dyrare alternativ än avfallskvarnar som ansluts till det befintliga avloppsnätet, vilket beror både av den högre kapitalkostnaden, eventuell installation av rörsystem och av att slammet hämtas med slambil.

¹ Kopplingspunkt i avlopp. I avloppsrör av betong sker ofta ansamling här.

4.1.3 Avfallskvarn på soptipp

En variant på central kompostering är att matavfallet samlas in på samma sätt som vid central kompostering men vid ankomst till soptippen mals matavfallet istället ner i en större avfallskvarn placerad på soptipp som är direkt kopplad till det stora tunnelsystemet för transport till reningsverket.

Fördelarna med detta system är att eventuella problem med avloppssystem i fastigheter eller kommuner undviks då allt matavfall tillförs tunnelsystemen på en plats där matavfallet kan hanteras utan problem. Nackdelarna är att hushållen måste källsortera sitt matavfall i ett speciellt kärl och att matavfallet transporteras med fordon till den gemensamma avfallskvarnen, detta genererar miljöfarliga utsläpp.

4.1.4 Kvarnsystem för restaurang, storkök och butiker

Restauranger kan använda sig av små kvarnsystem, stora kvarnsystem och avfallskvarnar kopplade direkt till avloppet. (Avfall Sverige utveckling, 2007) Fettavskiljare finns att tillgå för både små och stora kvarnsystem.

Små kvarnsystem (tankvolym < 1 m³) placeras i avfallsutrymmen och kan ibland kräva kylrum. Avfallet transporteras dit av personalen med hjälp av hinkar. Detta system kan leda till utrymmesproblem om utrymmet även skall rymma övrig källsortering. Tömning utförs genom manuell sugning av slamsugningsbil. (Avfall Sverige utveckling, 2007)

Stora kvarnsystem (tankvolym > 1 m³) placeras centralt, ofta i köket, vilket kräver installation av ledningar för att föra det malda avfallet till avfallstanken. (Avfall Sverige utveckling, 2007)

Avfallskvarnar kopplade direkt till avloppet har ofta använts endast som komplement då ett starkt argument har varit att rötat slam från matavfall kan bli oanvändbart om det blandas med övrigt avfall i tunnelsystemen. (Avfall Sverige utveckling, 2007) För reningsverk som inte hanterar dagvatten utgör detta inte ett problem under förutsättning att slammet kvalitetskontrolleras. Det är det enklaste systemet att införa och installera under förutsättning att fettmängden inte ställer till problem i avloppsnätet.

Antalet hämtningstillfällen som rekommenderas för kvarnsystem som kräver hantering med slambil kan ses i tabell 2. Slambilens lastkapacitet är vanligen ca 10 ton och det är viktigt att slambilens lastutrymme är väl rengjort innan tankarna töms så att inte matavfallet förorenas av tidigare last. TS-halt och partikelstorlek är viktig för pump- och sugbartavfall så att kakkbildning inte sker i tanken då detta kan medföra problem vid tömning. (Avfall Sverige utveckling, 2007)

Tabell 2 Antal hämtningstillfällen beroende av tankvolym. (Avfall Sverige Utveckling, 2007)

Tankvolym [m ³]	Antal hämtningstillfällen [år]
1	10-12
2	5-6
4	3-4

4.2 Alternativa Avfallssystem

De alternativa lösningar som kan användas för att omhänderta organiskt material förutom köksavfallskvarnar är kompostering eller förbränning.

4.2.1 Kompostering

Kompostering kan ske i egen kompost, vilket i de flesta fall kräver godkännande av kommunen eller genom central kompostering då organiskt avfall sorteras i speciella behållare i hushållen och samlas in via speciella sopkärl.

Alternativet med egen kompost minskar kostnaden för avfallshämtning hos fastighetsägaren och kan vara ett alternativ både för lägenheter och för villaägare. Oftast krävs att komposten är skadedjurssäker och värmeisolerad. (Stockholm Stad, Miljöförvaltningen)

Central kompostering innebär att matavfallet avskiljs i speciella kärl och transporteras avskilt från övrigt avfall till soptipp för kompostering. Denna kompostering kan utföras i långa ”tältkorvar” som täcks med svart plast så att biogas kan utvinnas ur komposten. (Persson, 2005)

Fördelar med kompostering är att organiskt material behandlas biologiskt och kan rötas. Nackdelarna är att utsläpp av försurande ämnen är större vid hemkompostering jämfört med förbränningen. (Forsberg & Olofsson, 2003) Utsläpp av giftiga ämnen till luft, mark och vatten beror av transporter vid insamling av matavfall till kompostering.

4.2.2 Förbränning

Förbränning är det vanligaste alternativet idag då detta innebär att matavfallet inte behöver särskiljas från det övriga avfallet utan kastas i samma påse. Allt avfall transporteras sedan till förbränningsstationen där det förbränns för att utvinna värme. Förbränning är det system som tillämpas i kommunerna som ingår i Käppalaförbundet.

Fördelarna med förbränning är den enkla hanteringen där allt avfall sorteras i samma enhet, samt att utvinna energi ur organiska materialet i form av el och fjärrvärme. Nackdelarna med förbränning är utsläpp av toxiska ämnen så som dioxiner, svaveldioxid, kväveoxider, ammoniak och metaller samt att det bildas bottenaska och flygaska. Bottenaskan deponeras och flygaska bedöms som farligt avfall och då det föreligger risk att tungmetaller urlakas vid deponering. Transporter för avfallsinsamling förbrukar energi och medför utsläpp till luft, mark och vatten. (Forsberg & Olofsson, 2003) Flera nackdelar är de stora energiförlusterna som förbränningen medför då avfallet innehåller stora mängder fukt som kräver mycket energi för att avdunsta från avfallet så att avfallet kan förbrännas.

4.3 Avloppssystem

I Surahammar introducerades köksavfallskvarnar under 1993-1995. Vid slutet av år 2000 fanns det cirka 2000 hushåll med installerade köksavfallskvarnar (Kärroman et al, 2001) dock fanns det ännu inga storkök som installerat avfallskvarnar men det fanns funderingar på att införa detta. (Forsberg & Olofsson, 2003) Av befintliga installationer rapporterades och åtgärdades 130 driftsproblem. I endast 5 fall har problemen orsakats av avloppsstopp i serviser och i 11 fall avloppsstopp i fastigheter. (Kärroman et al, 2001) Ett år efter installation utfördes renspolning av ledningarna, därefter filmades serviser och avloppsledningar. Inga skillnader kunde registreras vid kontrollen. Ytterligare två år senare utfördes en högtrycksspolning av ledningssystemet för ytterligare en filmning. Resultatet visade inga ansamlingar av partiklar eller fett. Denna typ av undersökningar av ledningsnätet är ett

moment som Surahammars KommunalTekniska AB har lagt ner mycket tid och arbete på. (Karlberg & Norin, 1999)

4.3.1 Nedbrytning av matavfall i avloppsledningar

Avloppsledningar betraktas ofta endast som ett transportsystem där avloppsvattnet samlas upp och skickas till reningsverket. Då avloppsledningarna kan vara allt från 0,5 km till uppemot 90 km långa innan de når fram till reningsverket hinner både fysikaliska, kemiska och biologiska reaktioner påbörjas innan avfallet når reningsverket. Eftersom dessa reaktioner redan sker i avloppsledningarna bör ledningssystemet inkluderas när den totala behandlingseffekten bedöms. Under transporten kommer avloppsvattnet att passera olika zoner med aeroba och anaeroba förhållanden. (Cedergren, 2007)

De mikrobiella processerna, då mikroorganismer börjar bryta ned organiskt material startar redan i ledningsnätet. Nedbrytningen av det organiska avfallet sker under olika redoxförhållanden, själva redoxförhållandet bestäms i sin tur av tillgängligheten av en elektronacceptor. Elektronacceptorer kallas de substanser som blir reducerade under en redoxprocess, eftersom de tar emot elektroner av den substansen som blir oxiderad. För ett ledningssystem som är halvfullt och med självfall är syre elektronacceptor. (Cedergren, 2007) Mängden energin som kan utvinnas ur en redoxreaktion beror på den kemiska potentialskillnaden mellan oxidant och reduktant. Denna redoxpotential är större för syre än för de andra elektronacceptorerna. Därför gynnas syreandande organismer i närvaro av syre. (Jones & Atkins, 2002)

Aeroba processer sker i halvfulla ledningar med självfall och de väsentliga processerna är: tillväxt av biomassa, hydrolys av substrat och nedbrytning av organiskt material, vilket påverkar kvaliteten på avloppsvattnet. Aeroba förhållanden ger en relativt kraftig reduktion av det lättnedbrytbara materialet och en kraftig tillväxt av biomassa. (Cedergren, 2007)

Anaerob process sker i miljöer där varken fritt syre eller syre från nitrater finns att tillgå vid nedbrytning. Den anaeroba processen kan delas in i fyra steg; anaerob hydrolys, syrabildning, ättiksyrabildning och metangasbildning. Dessutom reduceras sulfater och bildas sulfider i en anaerob miljö. Då det råder brist på syre medför det att nedbrytningen går mycket långsamt och processen gynnar bildning av koldioxid och metangas. Oftast saknar ledningsnätet förutsättningar för bildning av metangas, vilket endast resulterar i en omvandling av organiskt material, vilket betyder att anaeroba processer i ledningsnätet kommer att framställa och bibehålla de substrat som gynnar denitrifikation. Vattentemperaturen är för låg för att medföra några effekter på nedbrytningen i avloppsnätet. (Cedergren, 2007)

4.3.2 Det allmänna rörsystemet

I Sverige uppskattar man att färre än 1 % av hushållen har installerat avfallskvarnar, en anledning till denna restriktiva hållning till avfallskvarnar har till stor del grundats på befarade konsekvenser för ledningssystemet. Det är bland annat ökande risk för stopp i rörledningarna i fastigheter samt svackor och vid dåligt självfall på det allmänna avloppsnätet. Ytterligare aspekter är nedbrytningen av lättnedbrytbara organiskt avfall börjar redan i avloppsledningarna vilket leder till bildning av svavelväte och även svavelsyra som angriper betongen i röret samt möjligheten att råttor dras till matavfallet som transporteras i ledningarna. Bräddning av avloppsvatten är enligt myndigheterna ett tungt vägande skäl till att avfallskvarnar inte bör användas i större utsträckning, då förorenat avloppsvattnet släpps direkt ut i recipienten. (Kärman et al, 2001)

Förekomst av svavelväte medför risker för hälsa, dålig lukt, explosion, korrosion och problem med processen i avloppsreningsverket. (Kärman et al, 2001) Påståendet med ökat mängd

svavelväte från matavfall är sannolikt ett löst antagande. I dagens rörsystem uppstår redan svavelväte från avföring och urin. En förutsättning för svavelväte processen är att miljön är syrefri. Svavelväte (H_2S) bildas i ledningar då sulfat reduceras till sulfid i samband med anaerob nedbrytning av organiskt material. (Forsberg & Olofsson, 2003) Att kvantifiera hur mycket svavelväte som matavfallet skulle bidra till i rörsystemet och korrosion av rör är troligen en omöjlig uppgift. Det finns ett stort försöksmaterial från USA där avfallskvarnar har varit i bruk i över 60 år. Både i USA och i Sverige utgörs avloppsrören av betong och stål, inga tecken finns i USA på att matavfallet fräter på rören. (Andersen & Nilsen, 2006)

I studier från Surahammar visas inga markanta ökning av svavelväte i ledningarna efter installationerna. En ökning av svavelväte hade kunnat identifieras genom kraftig doftutsöndring eller större slitage på rören (frätskador av svavelväte). Teoretiska studier utförda i Staffanstorps visar att den ökade mängden, organiskt material, i och med installation av avfallskvarnar inte har någon frätande inverkan på betongen i avloppsrören. (Nedland, 2006)

Sulfidbildning gynnas av hög temperatur, höga halter av organiskt material, lång uppehållstid samt stor biofilmsyta. Användning av köksavfallskvarnar påverkar varken temperatur eller storleken på biofilmsytan. Mängden organiskt material i avloppsvattnet ökar, men andelen upplöst organiskt material bedöms vara betydligt mindre i normalt material från avfallskvarnar än i ordinarie avloppsvatten. (Kärman et al, 2001)

Fett i avloppsledningarna skapar stora problem med igensättningar, orsaken är att oljorna, på samma sätt som margarin, stelnar när de spolats ner i avloppet. I trånga sektioner i ledningsnätet kan fett fästa på cementväggen och bilda ett paraffinliknande skikt. Detta medför att kapaciteten i nätet minskar och slutligen blir det stopp. Om fett får sitta kvar en längre tid kan detta leda till att ledningarna angrips. Även pumpstationerna utsätts för fettproblem, då fett fastnar på väggarna mellan hög och låg avloppsnivå i pumpgrupparna. När fett sedan lossnar i stora sjok, kan det ge upphov till igensättning av pumparna, samt att elektroder och nivåvipor kan täckas av fett, vilket minskar instrumentens tillförlitlighet. (Kylefors & Lagerkvist, 1993) Därför rekommenderas storkök och restauranger att använda avfallskvarnar kopplade till avfallstankar.

För att undvika dessa negativa effekter bör avfallskvarnar installeras i områden där avloppsledningarna har bra självfall, ingen risk för svavelväte bildning föreligger samt att avloppsledningar klarar kraven för självrensning. (Kärman et al, 2001) För att undvika ökad svavelvätebildning i de allmänna ledningarna bör kvarnar inte installeras i områden med tryckavloppssystem där problem med svavelväte redan existerar. (Kärman et al, 2001) Problem med svavelväte kan möjligen lösas genom tillförsel av kalciumnitrat, vilket medför ekonomiska konsekvenser. (Nedland, 2006)

Dessutom bör installation av avfallskvarnar endast vara ett alternativ i områden där bräddning från avloppssystemet inte förekommer, det vill säga i områden med ett spillvattenverksamt duplikatsystem eller separata system för dagvatten och avloppsvatten. (Kretsloppsnämnden Göteborg, 2005)

I Surahammar installeras inte kvarnar i områden där avloppsledningarna har ett lägre självfall än 2 ‰, sämre självfall ökar riskerna för igensättningar i avloppsledningarna. (Forsberg & Olofsson, 2003) I USA rekommenderas inget specifikt självfall på ledningarna, däremot finns krav på att självrensningshastigheten överstiger 0,76 m/s samt att avfallets andel är mindre än 0,5-1,5 vikts- % TS. Hastigheten baseras på amerikanska förhållanden där även glas och metall ibland mals ner i kvarnarna. (Kärman et al, 2001)

I rapporter från Staffanstorp har försök utförts med avseende på risker för igensättning på grund av matavfall. Detta skedde genom bevakning av en ledning med diametern på 225 mm och ett fall på 3 ‰ som avleder spillvatten med normalt matavfall. Resultatet visade på en 50-150 mm tjock och 20-30 mm bred påväxt i vattenlinjen utmed mantelytan ett år efter det att ledningen hade spolats och att köksavfallskvarnarna hade blivit installerade. Författarnas slutsats från denna observation var dock att köksavfallskvarnarna inte ökade påväxten i ledningarna jämfört med situationen då ledningen avledde spillvatten utan normalt matavfall. (Kärrman et al, 2001)

Kretsloppsnämnden i Göteborg anser att en rutin för undersökning av servisledningar inför installation av avfallskvarn skulle behöva tas fram, dels för att avgöra om ledningarna är bra kondition men även för att se om det finns partikelansamlingar som kan leda till igenstoppningar när matavfall börjar flöda genom ledningarna. (Kretsloppsnämnden Göteborg, 2005)

4.3.3 Rörssystem inom fastighet

Om installation av avfallskvarnar övervägs i vissa kommuner bör det avgöras om det allmänna avlopps nätet och reningsverket i kommunen kan hantera den ökande påfrestningen. Om det bedöms att avlopps nätet respektive reningsverket har tillräcklig kapacitet bör en likvärdig bedömning utföras av den enskilda fastighetens avloppsledningar. Köksavfallskvarnar installerade i hemmet kan medföra igensättningsproblem i vattenlås, ledningar och serviser. För att förebygga dessa problem bör rörsystemet vara i god kondition, med rätt fall och utan skador. Dessutom bör 90-graderskrökta vattenlås undvikas. (Kärrman et al, 2001)

Innan installationen av avfallskvarnar i Surahammar filmades ledningarna för respektive hushåll, detta för att avgöra om fastigheterna och dess avloppsledningar var i god kondition och lämpliga för installation av avfallskvarnar. Endast ett område i Surahammar bedömdes vara olämpligt för installation av avfallskvarnar, då ledningsnätet inte höll den standard som Surahammars kommun krävt på grund av den ökande belastningen skulle innebära på ledningsnätet. (Karlberg & Norin, 1999) Ett problem som inte kunde upptäckas genom filmning var de igensättningar som uppstod i gamla hus med stående ledningar där avfallskvarnar installerats. Problemet berodde på att fett ansamlats under flera år i 90-graderskröken, då malet matavfall började strömma genom ledningarna ledde det till stopp i avloppet. (Forsberg & Olofsson, 2003) För att undvika stopp i vattenlås installeras numera inte dessa med 90 graders krökar, utan krökar med en ”rundad” design används istället. Vid installation i byggnader från 1950-talet och äldre krävs att stambyte har genomförts. (Kärrman et al, 2001)

I Staffanstorp utfördes ett långtidsförsök 1990, för att kontrollera risken med igensättningar i avloppsledningar i hushållen. Systemet belastades med malet matavfall motsvarande fem personers konsumtion under 15 år genom att en simulering kördes i 15 minuters intervaller. Slutresultatet efter att systemet besiktigats och filmats visade att det inte fanns några större risker med igensättningar i avloppsledningar i hushållen. (Forsberg & Olofsson, 2003) För systemskiss, rördimensioner och mer utförliga data över långtidsförsökets utförande och resultat ses i bilaga 1.

Rutiner för installation av avfallskvarnar bör tas fram, framför allt bör filmning av servisledning utföras innan installation medges i fastigheter med betongserviser. Om det uppkommer problem med avfallskvarnar beror det ofta på en dålig servis. Serviser av plast fungerar i stort sett felfritt medan det däremot kan bli problem med vissa betongserviser.

Service är fastighetsägarens ansvar vilket medför att en inspektion minskar risken för igenstoppningar. (Kretsloppsnämnden Göteborg, 2005)

5 Teknikinventering och beräkningar

Införandet av avfallskvarnar kommer att innebära att mängden organiskt avfall ökar i tunnelsektorn och i ingående flöde till reningsverket. För att skapa en överblick över de varianter av avfallskvarnar som finns har en översiktlig teknikinventering utförts.

Den ökade mängden organiskt material från matavfallet kommer att innebära ett ökat effektbehov hos pumparna. De olika stegen i vattenreningsprocessen kommer i olika grad att påverkas av den ökade mängden organiskt material. Beräkningarna innefattar endast den ökade belastningen utöver den belastning som förekommer i dagens läge. En överslagsberäkning har utförts för att undersöka om befintlig utrustning klarar av den ökade belastningen.

5.1 Avfallskvarnar

Avfallskvarnar finns som kvarn ansluten i diskbänk, som ett system/anläggning och som fristående modeller. Skillnaden ligger bland annat i storlek, kapacitet, pris och funktion. Med kvarn ansluten i diskbänk avses här avfallskvarnar som köps separat och kopplas antingen till avloppssystemet eller till tank (se figur 1). Med fristående modeller avses kvarnar där inkastningsenheten och avfallskvarnen är integrerade och säljs som en enda enhet vilket ses i figur 1. Figur 1 är ej skalenlig. Kvarnsystemen kan ha både uppsamlingsenhet och tank. Med avseende på inmatningsmetod kan avfallskvarnarna delas in i kontinuerliga och satsvisa kvarnar. (Söderström, 2007)



Figur 1 T.v. fristående modell, T.h. kvarn som ansluts i diskbänk.

Flera företag tillhandahåller både avfallskvarnsystem och fullständiga anläggningar med en eller flera inkastningsenheter för olika ändamål. Storleken på anläggningen styrs av kökets behov. (Avfall Sverige - Utveckling, 2007) I Sverige används fullständiga avfallskvarnsanläggningar av restauranger och storkök till exempel Sofiaskolan, Eriksdalskolan, Hotel Scandic Anglais och restaurang Östergök. (Söderström, 2007)

Matavfallet placeras i inkastningsenheten och mals till en sugbar massa vilket reducerar volymen kraftigt. Transport från inkastningsenheten kan ske med hjälp av vatten eller vakuumsystem. (Avfall Sverige - Utveckling, 2007) Det malda avfallet pumpas ner till

uppsamlingsbehållaren, vilket kan vara avlopps nätet eller en tank som töms av en slambil. Vissa avloppstankar har dräneringssystem där vattnet som transporterar avfallet dräneras till avloppssystemet och kvar blir avfall med högre TS halt. Exempel på ett sådant system är Envacs system MicroVac där en bestämd mängd vatten med hjälp av ett vakuumsystem transporterar massan till en lagringstank. Transportluften avskiljs med hjälp av en cyklon monterad på tanken. TS-halten höjs då en stor del av vattnet spolats ut i avloppssystemet när avfallet har nått tanken, avfallet är fortfarande sug-/pumpbart och töms av en slambil vid behov. (Envac)

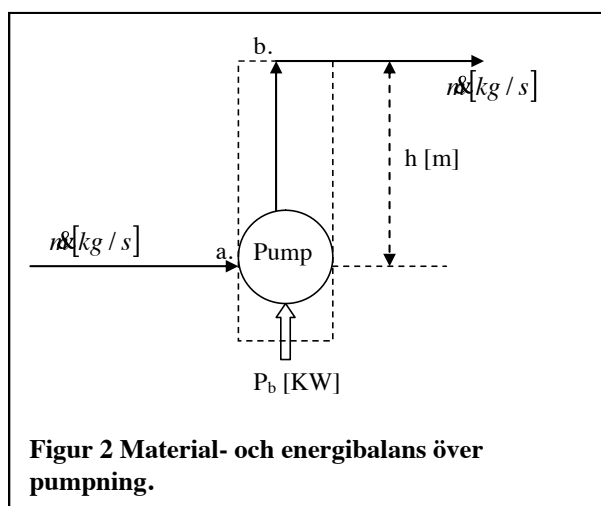
Viktiga parametrar vid val av avfallsquarn är effekt, ljudnivå, montering, matningsmetod och rengöringsmöjlighet. (Nilsson, 2008) Dessutom kan avfallsstorlek efter malning beaktas om detta är viktigt för mottagande reningsanläggning. Matningen är säkrare på grund av det säkerhetslock som ingår i en satsvis matad quarn. Säkerhetslocket minimerar även risken för överbelastning. (Söderström, 2007) Matningen till en kontinuerligt matad quarn är mer riskfylld då quarnen körs kontinuerligt och endast kontrolleras med en strömbrytare. (Karlberg & Norin, 1999) Se bilaga 2 för avfallsquarnsmodeller.

Tillverkarna har olika rekommendationer över vad quarnen kan hantera. De flesta quarnar kan hantera matrester samt kyckling-, fisk- och vissa köttben. Dessutom kan kaffe, te, godis och hushållspapper malas. Det rekommenderas ej att mala fiskskinn samt föremål som ej är komposterbara. (Hayes, 2008),(Söderström, 2007)

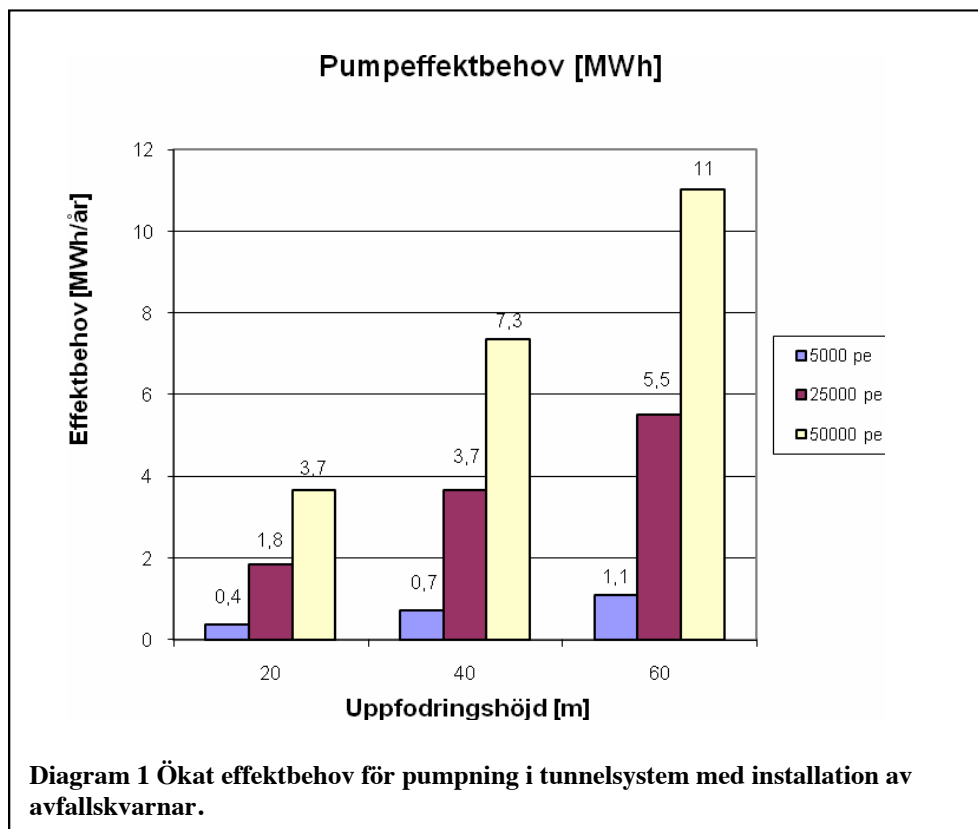
5.2 Tunnelsystem

Tunnelsystemet utnyttjar självfall för transport av avloppsvatten till reningsverket. (Vendel, 2008) Då Käppala har överkapacitet förekommer bräddning mycket sällan i den del av tunnelsystemet som Käppala reningsverk förfogar över. Hur stor mängd som eventuellt bräddas i kommunernas tunnelsystem är oklart då dessa tunnelsystem ej har undersökts. (Sundin, 2008)

En material- och energibalans över pumpningen visar att endast massflödet, höjdskillnaden och pumpens verkningsgrad påverkar det ökade effektbehovet till pumpen. Tryck och hastighet är den samma innan och efter pumpen, förluster från friktion innefattas i pumpens verkningsgrad och självfallet medför att ingen energi förutom nivåhöjningen tillförs fluidet. (McCabe, Smith, & Harriot, 2005) Material- och energibalansen för pumpen illustreras i figur 2, för detaljerad information se bilaga 4.



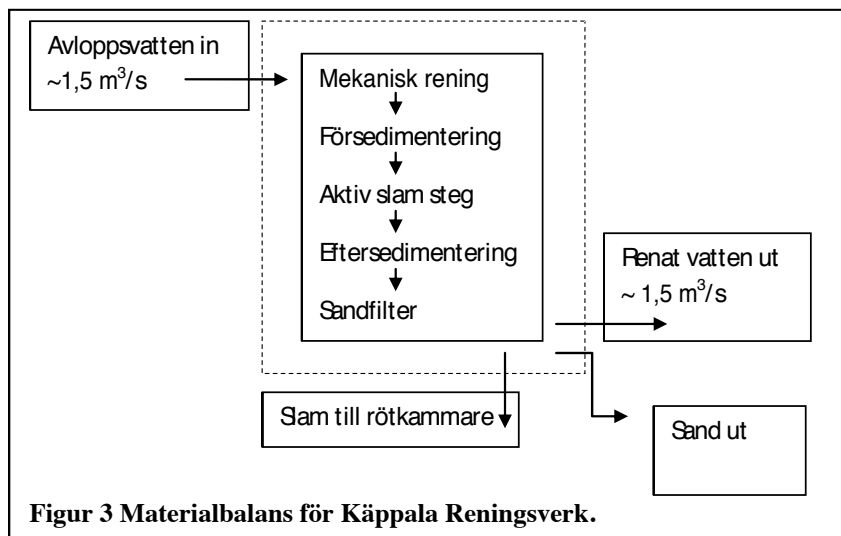
I Käppalaförbundets tunnelsystem existerar tre pumpstationer där avloppsvattnet höjs om 20 meter vid varje pumpstation, vilket beräkningarna baserats på. Beräkningar på systemet visar ökningen i effektbehov, för det tillförda matavfallet, hos pumpen för de tre olika nivåhöjningarna i samspel med de tre olika antalen anslutna pe, vilket ger nio olika utfall. Effekterna som presenteras i diagram 1 är små jämfört med det nuvarande totala effektbehovet, vilket är 2,8 GWh/år. (Sundin, 2008) (se bilaga 4 för beräkningar)



5.3 Reningsverk

Reningssystemet på Käppalaverket består av mekanisk rening i form av ett step screen galler med ett mellanrum på 3 mm. Det avskiljda avfallet mals och pumpas till rötchammare 1 för att rötas. Därefter passerar det inkommande flödet ett sandfång där sand avskiljs. Denna sand tvättas och sorteras i organiskt material och mineralsand. Det organiska materialet återförs till inkommande flöde. Efter sandtvätten går flödet vidare till försedimenteringen där primärslam avskiljs till rötchammare 1. Därefter startar aktivslamanläggningne där nästa steg är bioblocket med denitrifikationssteget i en anoxisk zon och nitrifikation i en aerob zon. Därefter passerar flödet eftersedimenteringen där ytterligare slam sedimenteras. 95 % utgör returslam medan endast 5 % räknas som överskottsslam och pumpas till rötchammare 2. Tillsist fördelas flödet på 30 parallella, medströms sandfilter där kemisk fällning äger rum genom att fällningskemikalien järnsulfat tillsätts. (Sundin, 2008)

Införande av avfallskvarnar kommer teoretiskt att påverka reningsystemet i form av ökad mängd organiskt avfall. Inkommande matavfallet innehåller olika fraktioner av föroreningar, organiskt material, kväve och fosfor som presenteras i bilaga 3. I bilagan ses även de fraktioner som utgör brännbar del av matavfallet då endast 67 % utgör malbart avfall. (Kärman et al, 2001) En förenklad materialbalans över reningsverket ses i figur 3, för mer detaljerat flödesschema se bilaga 5.



Det fasta organiska avfallet från avfallskvarnarna avskiljs till största del i den mekaniska reningen och i försedimenteringen. I den mekaniska reningen avskiljs ca 4 % enligt studier vid Haga avloppsreningsverk i Surahammar där matavfallet har inneburit en ökning med 20 kg/dygn i gallerrenset. (Karlberg & Norin, 1999) Andelen avfall som fastnar i den mekaniska reningen har beräknats genom ett antagande i form av att den specifika vikten hos avfallet i gallerrenset är den samma som i köket. Mängden avfall som avskiljs i gallerrenset är beroende av den spaltvidd som används i reningsverket, vilket medför att med en mindre spaltvidd kan större mängd avfall avskiljas i den mekaniska reningen. För Käppala skulle detta innebära en mindre belastning på aktivslam anläggningen men en högre belastning på den mekaniska reningen. Dessutom skulle detta medföra att en större mängd organiskt material tillförs rötningsskammare 1.

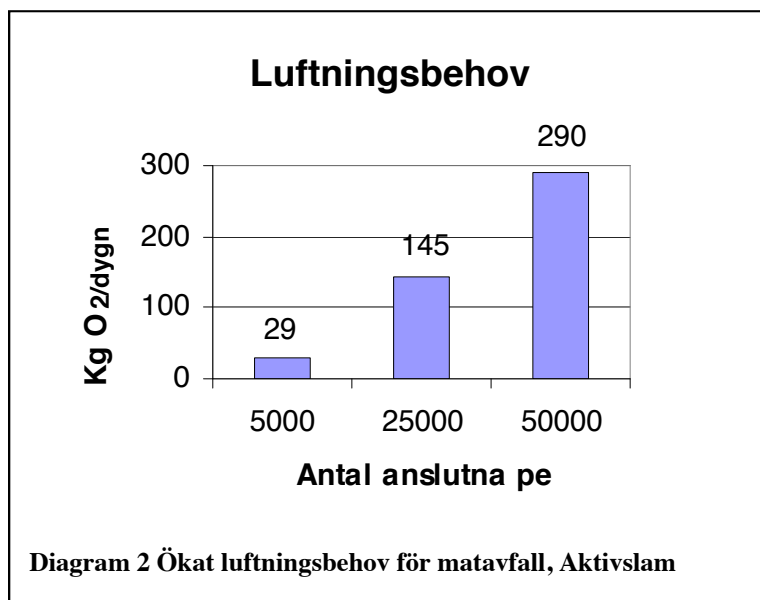
Andelen av matavfallet som avskiljs i försedimenteringen är enligt Haga ca 50 % medan en tidigare tolkning anger att ca 75 % av matavfallets BOD₇ är partikelbundet och 25 % är löst. Partikelbundet BOD₇ avskiljs i försedimenteringen. (Karlberg & Norin, 1999) Beräkningarna i rapporten är utförda enligt den tidigare tolkningen där 75 % av BOD-innehållet i det malda avfallet avskiljs i försedimenteringen.

Av de 21 % organiskt avfall från matavfallet som fortsätter till aktivslamanläggningen kommer ca 50 % att brytas ner medan 50 % bildar cellmassa som sedimenteras i eftersedimenteringen. (Kärrman et al, 2001) Endast 5 % av det slam som tas ut från aktivslam anläggningen definieras som överskottsslam och transporteras till rötning, resterande 95 % återgår till aktivslam anläggningen. (Sundin, 2008)

Ovanstående medför att 0,04 kg slam/pe, dygn tillförs röt-kammare 1 och 0,0002 kg slam/pe, dygn tillförs röt-kammare 2 under förutsättning att 67 % av allt matavfall mals ner och att mängden matavfall är 0,21 kg/pe, dygn. (För beräkningar och materialflödesanalys se bilaga 3,5 och 6)

Aktivslamprocessen kommer teoretiskt att utsättas för större belastning än tidigare då en större mängd organiskt avfall tillförs reningsystemet. I Surahammar har inga belastningsförändringar kunnat utläsas. (Karlberg & Norin, 1999) Enligt beräkningar är den totala ökningen BOD₇/N/P som går in i aktivslambassängen 0,01 kg/pe, dygn vilket ger ett ökat luftningsbehov för nedbrytning av det organiska materialet. 80 % av slammet är s.k. glödförlust och det behövs 1,4 kg O₂/kg glödförlust för nedbrytning. (Kärrman et al, 2001)

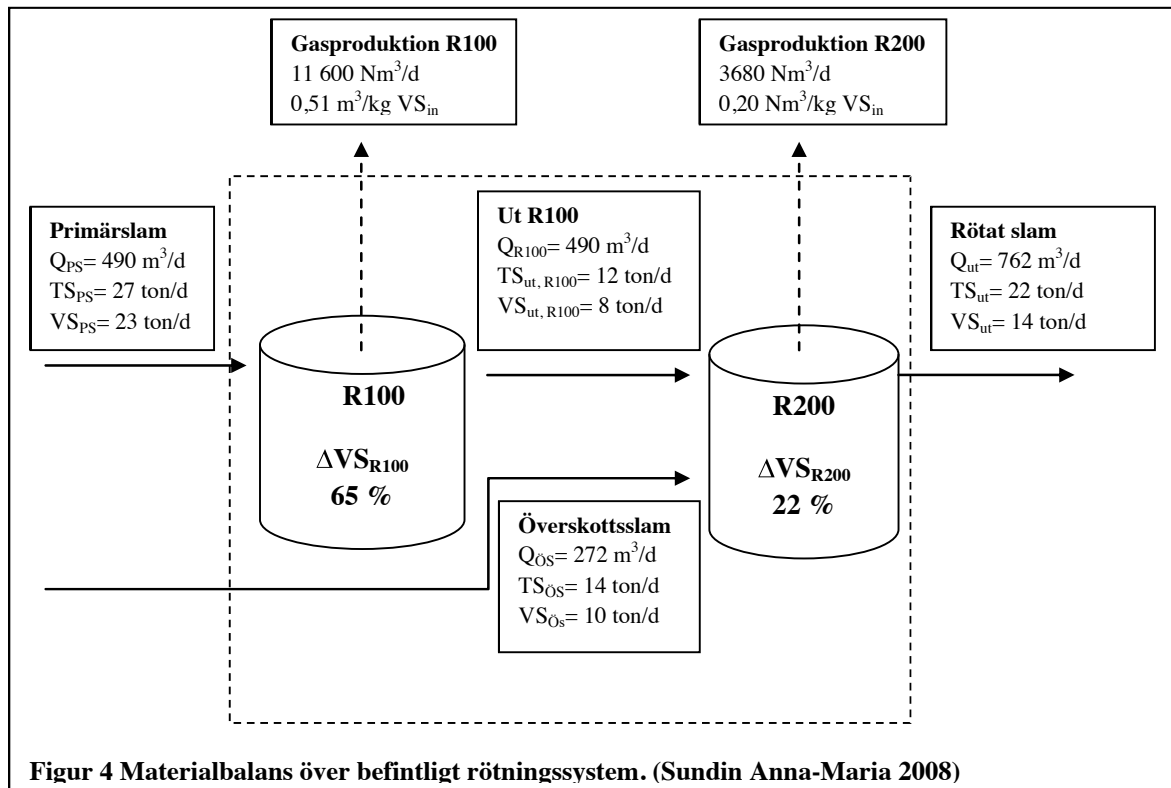
Diagram 2 visar det ökade luftningsbehovet för införandet av avfallskvarnar. För detaljerade beräkningar och materialflödesanalys, se bilaga 7.



Studien i Surahammar visar på motstridiga indikationer. Det har inte kunnat verifieras att den inkommande BOD- mängden ökat trots att BOD₇/N-kvoten är högre än den teoretiska bedömningen visar. Författarnas förklaring till fenomenet är att denitrifikation kan ske i ledningsnätet vilket ger en konstant mängd BOD och en minskad mängd kväve i inkommande avloppsvatten. (Karlberg & Norin, 1999) Enligt Kärrman et al (2001) bör tillfört matavfall gynna fosforreduktionen vilket tillsammans med indikationer på att matavfallet relativt lätt avskiljs eller bryts ner i reningsverket innebär att utgående vatten inte kommer innehålla en ökad mängd BOD, kväve eller fosfor.

5.4 Röt-kammare

Röt-kammarna på Käppala rötter slammet mesofilt, det vill säga anaerobt vid ca 35°C i två seriekopplade röt-kammare, under ca tre veckor. Rötningen producerar ca 6 miljoner m³ biogas per år. Restprodukten från rötningen, ca 35 000 ton avvattnat slam, används som konstgödsel eller vid jordtillverkning. (Käppala förbundet, 2007) I figur 4 ses ett flödesschema över rötningssystemet idag.



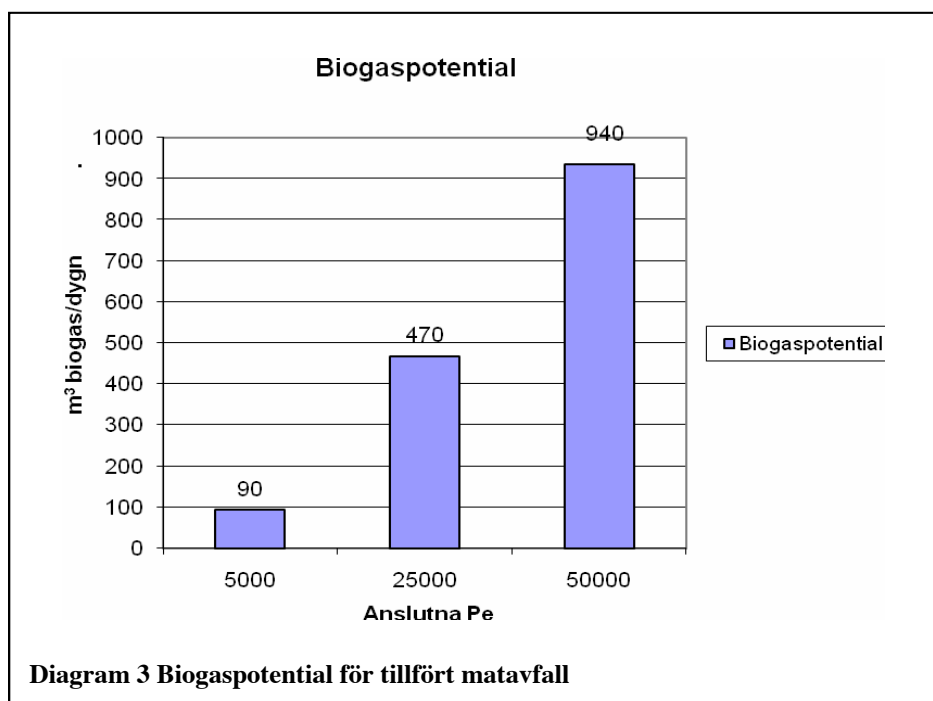
Enligt Kärman et al. (2001) ökar mängden primärslam med cirka 30 gram TS/pe, dygn medan mängden sekundärslam ökar med cirka 10 gram TS/pe, dygn. Detta motsvarade i Staffanstorps en ökning av slammängden med 50 % primärslam samt 10 % sekundärslam per pe, dygn. Analyser visade att cirka 90 % av slammets utgjordes av organiskt material som torde vara lättrotat. I Surahammars kommun har mängden biogas ökat i enlighet med matavfallens teoretiska biogaspotential. (Forsberg & Olofsson, 2003)

Wiberg (2007) skriver i sitt examensarbete att den optimala rötningstiden torde variera för olika rötningsskammare då den optimala uppehållstiden i rötningsskammaren beror av reaktoruppsättningen, belastningen samt det organiska material som skall rötas. Wiberg rekommenderar att uppehållstiden i en anaerob process överstiger 10 dagar för att inte riskera att mikroorganismerna utarmas. Det är de organiska syrnas omvandling till gas som påverkas av uppehållstiden. Blir mängden syror för hög kan nedbrytningen ske genom mindre fördelaktiga reaktioner, dessutom kan reaktorns buffertkapacitet och pH minska. (Wiberg, 2007)

Då mer organiskt material tillförs rötningsskammarna, kommer biogasproduktionen att öka. En överslagsberäkning har utförts för att ta fram hur mycket mer biogas som potentiellt kan utvinnas från matavfallet. I beräkningarna har ingen hänsyn tagits till vilken kvalitet biogasen som produceras har, samt eventuella förluster.

Av det slam som tillförs rötningsskammare 1 och 2 är även här 80 % glödförlust.² Resterande 20 % är glödrest och går inte att använda till biogasproduktion. Detta innebär att mängden glödförlust som tillförs rötningsskammare 1 från matavfallet är 0,03 kg/pe, dygn och 0,0002 kg/pe, dygn tillförs rötningsskammare 2. Biogaspotentialen för glödförlusten är 0,6 m³ biogas/kg glödförlust. (Kärman et al, 2001) Diagram 3 presenterar den beräknade ökningen i biogasproduktion. För mer detaljerade beräkningar, se bilaga 8.

² Den del av det organiska materialet som kan användas för att producera biogas.



6 Kostnadsbedömning

Kostnadsbedömningen utförs för att ge en översikt över de kostnader som installation av avfallskvarnar innebär. Detta medför även en viss ansvarsfördelning mellan intressenterna i form av fastighetsägare, kommun och reningsverk.

6.1 Kostnadsbedömning för avfallskvarnar

Kostnadsberäkningar har utförts både för det företag som kommer att ansvara för installation, service och övrig avfallshantering samt för hushållet. Dessutom har en kostnadsbedömning för restauranger och storkök utförts där olika system jämförs. Inga kostnadsberäkningar har utförts för detta moment då kalkylinnehållet är svårt att bestämma då detta ofta varierar. Modeller och prisuppgifter har erhållits från Hayes AB och Uson Marine AB.

Ansvarsfördelning mellan kommun, reningsverk och fastighetsägare samt vilka parametrar som kan ingå i prissättningen för avfallstaxan baseras på tidigare studier.

6.1.1 Investeringskalkyl för installation

En investeringskalkyl baserad på annuitetsmetoden (Skärvad & Olsson, 2006) visar att investeringen är lönsam efter 1-3 år respektive 4-5 år beroende på val av leverantör. Kalkylen baseras på antagandet att kvarnens avskrivningstid är 8 år utan något restvärde, kalkylräntan sätts till 6 %. Beräkningar utfördes på två fall, en grundinvestering på 3200 kronor/kvarn och en på 1195 kronor/kvarn, priserna är angivna exklusive moms. Inbetalningsöverskottet har beräknats till ca 1000 kronor baserat på antagna inkomster och utgifter. För beräkningar se bilaga 9.

Antalet kvarnar baseras på antagandet att ett hushåll i genomsnitt består av två personer, vilket baseras på 2,5 personer/villa och 1,5 personer/lägenhet. (Kärrman, 2001) I tabell 3 ses en jämförelse av kostnad för inköp av avfallskvarnar i de tre olika samhällsfallen. Jämförelsen visar olika modeller från två återförsäljare. Priserna från Uson Marine AB (Nilsson, 2008) är ett uppskattat totalpris medan priserna från Hayes L AB baseras på grossistpris. (Hayes, 2008)

Tabell 3 Kostnadsberäkning för avfallskvarnar.

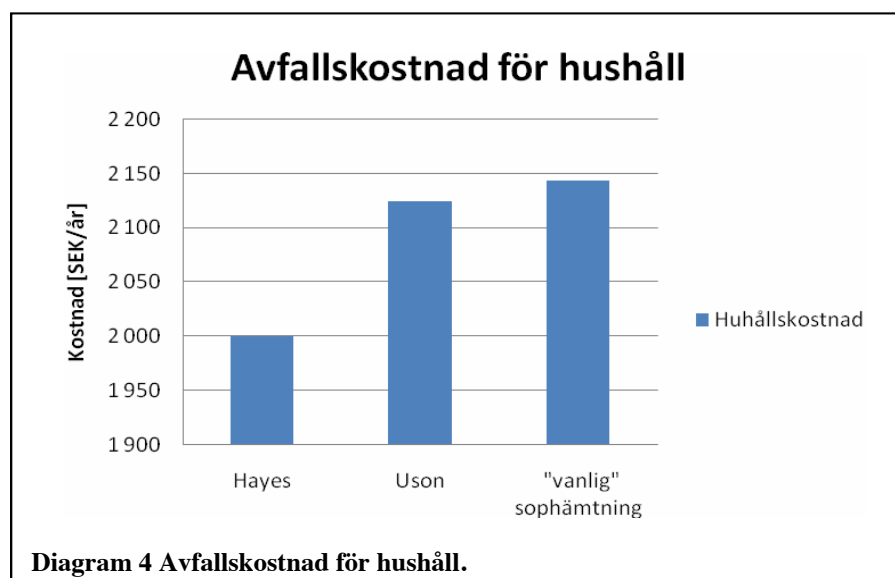
Tillverkare/ Återförsäljare	Modell hushåll	Pris/st hushållsmodell [SEK exl. moms]	Modell restaurang	Pris/st restaurang modell [SEK exl. moms]
Uson Marine AB	Modell MDB	3 200	Modell ULM	50 000
Hayes L AB	SLC-370- NA	1 355	SLC-550-AH	1 750
	SLC-370-NB	1 195		
	SLC370J	1 295		

I tabell 3 ses prisskillnader mellan olika modeller och leverantörer. Skillnaderna i pris kan förklaras med att Hayes AB troligen importerar kvarnar från USA medan Uson Marine AB tillverkar kvarnar i Europa.

6.1.2 Kostnadsbedömning för hushåll

I Surahammar användes två alternativ för hushållen vid installation. Hushållet kunde själva köpa och installera avfallskvarnen alternativt ansvarade KommunalTeknik AB för inköp och installation. KommunalTeknik AB som ägs av kommunen ansvarade för installation och service av avfallskvarnar. (Wallentin, 2008) Hushållen betalade en avgift på 2619/år, styck (för avfallskvarnar installerade efter 2006) på en 8 års period. Förutom avfallskvarnar, installation och service vid fel ingår ett kärl på 140 liter för restavfall samt tömning av detsamma. (KommunalTeknik AB & Vafab Miljö, 2008)

För alternativet där kommunen ansvarar för installation och inköp har en beräkning utförts baserad på priser från Hayes AB och priser från Uson Marine AB (se bilaga 10) är ett av de företag som levererat avfallskvarnar till Surahammar. (Wallentin, 2008) Avskrivningstiden antas vara 8 år i enlighet med Surahammarmodellen. Installationen av avfallskvarnen antas kosta 1000 kr/hushåll vilket medför en kostnad på 125 kr/år för hushållet, därutöver tillkommer kostnader på 1500 kr/år i form av service och extra kärl för restavfall. Hushållet beräknas dessutom betala 500 kr/år för avfallskvarnen. Totalt innebär detta en kostnad inklusive moms om 2000 kr/hushåll, år för alternativet från Hayes AB medan alternativet från Uson Marine AB kostar 2125 kr/hushåll, år. Båda priserna är lägre än avfallstaxan för traditionell sophämtning vilket ses i diagram 4 och dessa priser jämförs där med ordinarie sophämtningstaxa för osorterat avfall i Stockholms kommun.

**Diagram 4 Avfallskostnad för hushåll.**

6.1.3 Kostnadsbedömning för restauranger och storkök

Då restauranger och storkök kräver avfallskvarnar med större kapacitet utförs en beräkning över det antal restauranger som krävs för ett samhälle med den mängd invånare som arbetet avgränsats till. Beräkningen baseras på antagandet att varje person i samhället besöker en restaurang i genomsnitt 3 gånger/vecka och visar att det krävs 11, 54 och 108 restauranger i de tre olika samhällsstorlekarna. Dessa beräkningar kan användas för att beräkna genererat matavfall om restaurangerna ansluts till avloppsnätet. För beräkningar se bilaga 11.

Inköp är en relativt hög engångskostnad vid installation av kvarnsystem. Olika lösningar för kostnadsbehandlingen har använts av olika kommuner, det har förekommit både att fastighetsägaren och att renhållningsansvarig i kommunen har tagit hela kostnaden. För ett lyckat införande av avfallskvarnar i restauranger och storkök är det viktigt att renhållningsorganisationen i kommunen samarbetar med fastighetsbolag, kommunala bostadsbolag, fastighetskontoret och kommunens miljötillsynsorganisation. Installationskostnaden hanteras oftast av fastighetsägaren. Finansieringen för kvarnsystemen kan subventioneras av kommunen genom att söka ett statligt investeringsstöd och genom att använda en taxedifferentiering som premierar användandet av avfallskvarnar. Matavfallet från kvarnsystemen är förbehandlat i tankarna vilket kan motivera en lägre behandlingsavgift för avfallet. Matavfallet måste behandlas med rötning. Användandet av kvarnsystem i butiker kräver att systemen utvecklas så att de anpassas till butikerna då dessa ofta har stora partier matavfall. (Avfall Sverige Utveckling, 2007)

Uppsamlingsbehållare och tankar finns i många olika storlekar, ofta 600-700 liter. Ju mindre tanken är desto känsligare blir den för variationer i flöde exempelvis under storhelger. Små tankar kräver en högre tömningsfrekvens, tankstorleken baseras på avfallsmängd, utrymme och om tanken är försedd med avvattning och/eller omrörare. Dessutom inverkar de lokala reglerna för tömning i olika kommuner. Tömningsfrekvensen för en restaurang som lagar 50 000 portioner/år blir ca 20 gånger/år om tanken är 1 m³, ca 10 gånger/år om tanken är 2 m³ och ca 5 gånger/år om tankens storlek är 4 m³. Vanlig frekvens för tömning är varannan vecka till en gång per kvartal. Dimensioneringen bör noggrant beräknas vid installationen då det är svårt att ändra dimensionen på systemet vid ändrade flöden. Antalet hämtningstillfällen vid användande av kvarnsystem minskar jämfört med avfallshantering med kärl. (Avfall Sverige utveckling, 2007)

Kostnaden för kvarnsystem är oftast högre än vid kärssystem. För mindre system utgör de rörliga kostnaderna en högre andel då tömningsfrekvensen är hög medan för de stora systemen är kapitalkostnaden av större betydelse då systemen är dyrare medan antalet tömningar är färre. Kort avskrivningstid rekommenderas därmed för små system medan avskrivningstiden för stora system kan vara upp till 10-15 år. (Avfall Sverige utveckling, 2007)

6.1.4 Ansvarsfördelning av kostnader för avfallskvarnar

Enligt Kärrman, (2001) regleras ansvaret och skyldigheter mellan fastighetsägare, som är ansluten till avloppsnätet, och huvudmannen, för den allmänna VA-anläggningen, i ABVA – Allmänna bestämmelser för brukande av den allmänna vatten- och avloppsanläggningen. Huvudmannen är oftast kommunen.

De frågor som behöver beaktas vid installation av avfallskvarnar är bl. a tillstånd att installera avfallskvarnar, orsakade skador (stopp/översvämningar), ägande, ansvar och avgifter för avfallskvarnar, samt krav på avskiljningsanordningar.

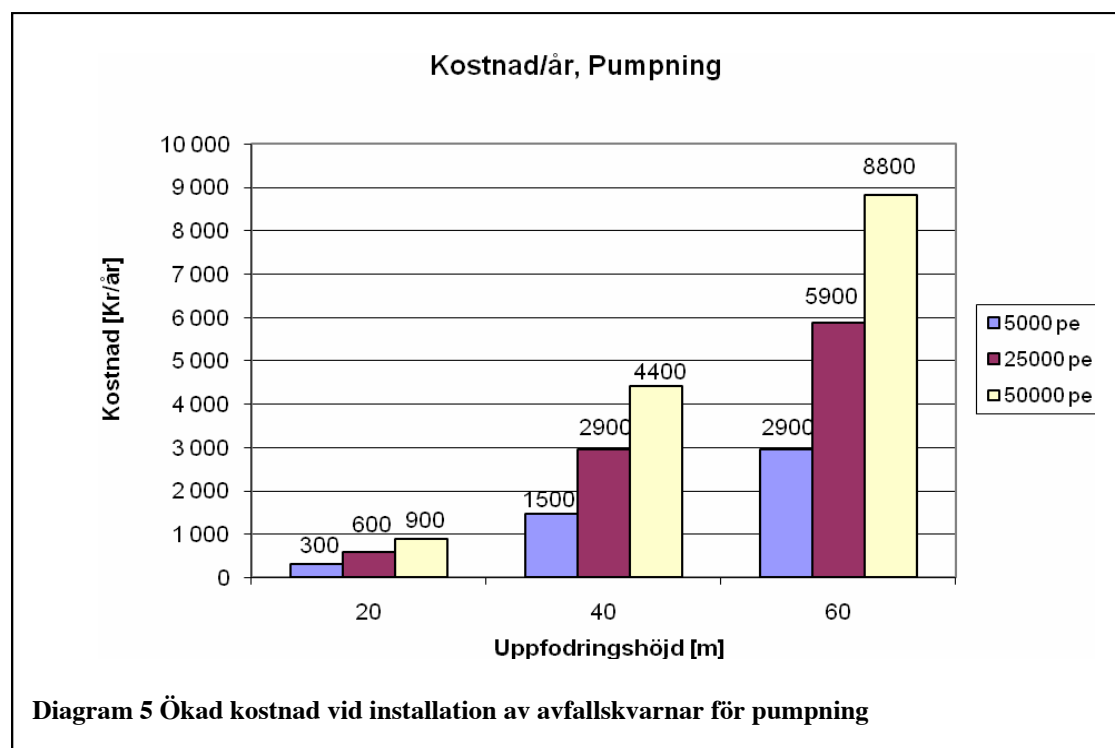
Kärroman skriver i sin rapport att enligt ABVA (1979) är normalförslaget att avfallsskvarnar får installeras om VA-anläggningen godkänner ansökan om det samma. Om kommunen som huvudman godkänner ansökan är kommunen ansvarig för att det allmänna tunnelsystemet fungerar och torde därmed kunna bli skadeståndsskyldig om skador inträffar på grund av matavfallet.

Kommunen äger rätt att ta ut avgift av fastighetsägare som installerat avfallsskvarn/ar som är anslutna till det allmänna VA-nätet. Avgiften skall enligt Kärroman (2001) baseras på fastighetsägarens nytta av avfallsskvarnen, samt de kostnader som användandet av avfallsskvarnen medför. Här bör samtliga kostnader och intäkter beaktas. Exempel på kostnader är: ökade behandlings-, administrations- samt drift- & kapitalkostnader. Eventuella intäkter i form av biogasproduktion bör också beaktas när avgiften bestäms.

För restauranger och storkök bör krav på fettavskiljare sättas om ”spillvattnet innehåller mer än obetydliga mängder fett, slam och partiklar som ger påtaglig risk för avsättning i det allmänna ledningsnätet.” (Kärroman 2001) Dock skall inte avlopp från vattenklosetter anslutas på detta sätt.

6.2 Kostnadsbedömning för tunnelsystem

Då de befintliga pumparna anses klara av det ökade flödet, behövs dessa inte ersättas. Den enda kostnaden för tunnelsystemet blir därmed det extra effektbehovet hos pumparna. Med ett elpris på 0,80 kr/kWh (Sundin, 2008) blir kostnaden ungefär den samma som det ökade effektbehovet. Kostnaden för olika antal anslutna pe vid olika nivåhöjningar presenteras i diagram 5 nedan, för beräkningar se bilaga 12.



Jämfört med dagens effektbehov för det totala flödet som är ca 2,8 GWh/år (Sundin 2008) för 2007, så är den tillkommande kostnaden för pumpning av matavfall näst intill försumbar.

6.3 Kostnadsbedömning för reningsverk

Reningsverket kommer att ta emot ett större flöde organiskt avfall om matavfall återvinns från hushåll och restauranger/storkök. Fördelningen av fördelningen mellan de fria och partikulära fraktioner är osäker, vilket medför felmarginaler i kostnadsbedömningen. Av det producerade matavfallet i hushållet anses 67 % vara malbart (Kärrman et al, 2001) men den faktiska mängden normalt avfall är ofta mindre ca 33 % då gammalt bröd, blommor och blomjord samt matrester ofta slängs tillsammans med förpackningen i vanliga soppåsen istället för att malas. Beräkningarna är utförda på det maximala teoretiska utfallet för att se den teoretiskt maximala belastningen på reningsverket. Den teoretiska mängden matavfall som tillförs reningsverket i form av organiskt avfall ses i tabell 4. (För beräkningar se bilaga 3)

Tabell 4 Ökad belastning på reningsverket vid återvinning av matavfall. (Kärrman et al. 2001)

	5 000 pe [ton/år]	25 000 pe [ton/år]	50 000 pe [ton/år]
Matavfall	255	1 273	2 546
P	0,5	2,5	5
N	1,8	9	18
BOD	46	232	463

I Surahammars kommun där avfallskvarnar införts i ca 40 procent av hushållen har dock ingen tydlig ökning av avloppsvattenflödet märkts efter införandet. (Forsberg & Olofsson, 2003) Matavfallet har nått reningsverket då både mängden gallerrens och biogas har ökat i reningsverket. Det har inte kunnat avgöras hur stor mängd av det organiska materialet som avskiljs i försedimenteringen i Surahammars kommun. I Staffanstorp utfördes en studie där ca 75 % BOD₇ var partikelbundet från matavfallet.

I Surahammar har ökade kostnader, i form av deponering och transporter, uppstått på grund av den ökade avskiljningen i den mekaniska reningen då Haga reningsverk deponerar det avskiljda avfallet från mekanisk rening. I övrigt har inga ökade kostnader för reningssystemet uppstått, trots en ökad belastning i form av mer slam, vilket har inneburit en ökad biogasproduktion. Detta torde bero på två faktorer – dels att stor del av matavfallet avskiljs i försedimenteringen. Dels på den överkapacitet (cirka 20 %) som reningsverket hade innan införandet. Redan innan införandet av avfallskvarnar fanns stora variationer i syresättningen av aktivslamanläggningen. (Karlberg & Norin, 1999)

Enligt beräkningar för Käppala reningsverk är den teoretiska kostnaden för den extra luftningen som krävs relativt liten. Elförbrukningen för luftningen är ca 3,6 MJ/kg O₂ (Kärrman et al, 2001), vilket motsvarar 1 kWh/kg O₂. Detta ger en ungefärlig ökad kostnad på 85 000 kr/år för 50 000 anslutna pe. För beräkningar, se bilaga 13.

7 Resultat

Alternativet med avfallskvarnar i hushållen kopplade till befintligt avloppsnät är fördelaktigt då det bland annat minskar avfallstransporterna och underlättar källsorteringen för hushållen respektive förbättrar arbetsmiljön för anställda på avfallsanläggningar och i restauranger/storkök. Den huvudsakliga nackdelen är de eventuella problem som kan uppstå i fastigheternas och kommunernas ledningssystem. Alternativet med avfallskvarn på en soptipp i upptagningsområdet har fördelen att lösa de eventuella problem som kan uppstå i kommunala och privata ledningar. Det organiska materialet mals i kvarnen på soptippen och förs direkt till Käppalas tunnelsystem där det organiska materialet inte har någon större påverkan på tunnelsystemen. Nackdelarna med det sista alternativet är att hushållen måste källsortera matavfallet i ett speciellt kärl och att avfallet sedan måste transporteras till soptippen.

Det extra massflödet innebär ett ökat effektbehov för pumparna i tunnelsystemet med upp till 0,21 kWh/pe, år vid 60 m nivåhöjning. Detta innebär endast en liten kostnad i form av energi. De befintliga pumparna anses klara den extra belastningen och behöver därmed inte ersättas med kraftigare pumpar.

Reningsverket hanterar det extra organiska materialet utan några komplikationer. Detta beror mest på att mer än 79 % av matavfallet avskiljs i mekaniska reningen och försedimenteringen för att transporteras direkt till röt-kammaren. Det matavfall som går förbi försedimenteringen gynnar fosforreduceringen i denitrifikationssteget och avskiljs redan i eftersedimenteringen. En markant skillnad för reningsverket är att kvoten BOD/N förändras när avfallssorterna blandas, vilket troligen beror på att denitrifikation påbörjas redan i tunnelsystemet när avfallssorterna blandas. Då den största mängden matavfall avskiljs i försedimenteringen medför detta en knappt märkbar påverkan på aktivslamanläggningen. Teoretiskt ökar luftningsbehovet med 290 kg O₂/dygn för 50 000 anslutna pe. I Haga reningsverk har dock inget ökat luftningsbehov kunnat identifieras.

För biogasproduktionen innebär matavfallet en fördel. Det ger en potentiell extra biogasproduktion på 7 m³ biogas/pe, år, vilket ger ca 340 000 m³ biogas/år för 50 000pe.

Kostnadsbedömningen visar att installation och inköp av avfallskvarnar är den största kostnaden. Under förutsättning att en aktör står för inköp och ”leasing” av kvarnar är avbetalningstiden 8 år. För hushållet innebär detta alternativ en kostnad på ca 2 100 kr/år, vilket kan jämföras med kostnaden 2 144 kr/år för traditionell sorterad avfallshämtning. Avfallskvarnar är därmed både ett mer miljövänligt och billigare alternativ än den traditionella sophämtningen.

Kalkylen för ansvarigt företag visar på en lönsamhetsperiod om 1-3 år respektive 4-5 år beroende på leverantör. För restauranger och storkök är kapitalkostnaden för avfallskvarnar den största posten för stora kvarnsystem medan kostnaden för tömning är den största för små kvarnsystem. Den höga investeringskostnaden medför att taxedifferentiering och möjlighet till subvention av finansieringen krävs, subvention kan erhållas från kommunen via statliga investeringsstöd. Ur arbetsmiljösynpunkt är avfallskvarnar ett bra alternativ då antalet tunga lyft och mängden vått avfall minimeras. Investeringsansvaret bör utredas vidare då detta varierar mellan fastighetsägare, kommuner och renhållningsansvariga i olika kommuner. Dessutom bör ansvarsfördelningen mellan fastighetsägare, kommun och reningsverk bör utredas vidare. För reningsverket är kostnaden försumbar då den ökade mängden organiskt material är liten i förhållande till det nuvarande totala flödet.

8 Diskussion

Rapporten behandlar olika avfallshanteringsystem där olika varianter av avfallskvarnar har jämförts med traditionell avfallshandling och kompostering. Ur miljösynpunkt är avfallskvarnar ett mer miljövänligt och lätthanterligt system än källsortering/kompostering. Kvarnsystem som kopplas till det befintliga avloppssystemet rekommenderas till reningsverk med kvalitetskontrollerat slam då detta innebär att slamkvaliteten från matavfallet inte kommer att sjunka på grund av föroreningar i befintligt avfall till exempel på grund av dagvatten samt spillvatten från industrier. För kvarnsystem med tank eller uppsamlingsbehållare krävs att tankbilen har noggrant rengjorda slambehållare annars kommer slammet förorenas av den tidigare lasten och kvaliteten på slammet sjunker.

Olika för- och nackdelar finns för avfallskvarnsystem beroende på om systemet skall användas i hushåll eller storkök. För hushåll beror rekommendationen av var hushållet är beläget, då rörsystemen i fastigheten måste undersökas. Rörsystemen som kan inspekteras genom filmning bör inte ha 90° vinklar då detta medför en större risk för igenstoppning. Därefter är det viktigt att undersöka kommunernas ledningsnät för att undersöka vilka risker som finns för bräddning av matavfallet. För hushåll kopplade till slamtank kan avfallskvarn installeras utan att ge någon större påverkan på slam konsistensen och avfallsmängden.

Inköp och installation av avfallskvarnar i hushåll kan med fördel administreras av ett företag som samarbetar med det kommunala renhållningsföretaget då installationen av kvarnar bidrar till att mängden vått avfall minskar vid kärthanteringen medan samarbetet innebär att vinsten bibehålls trots sänkt avfallstaxa.

Beräkningarna för hushållens kostnad baseras på delvis antagna värden vilket medför att lönsamheten kan förändras om exempelvis inbetalningsöverskottet avviker från det beräknade. Dessa kostnadsbedömningar bör därför ses som ett förslag och kan användas som underlag för djupare studier.

Storkök rekommenderas ett system med tank eller uppsamlingsbehållare för att vid behov kunna använda fettavskiljare, om storköket inte producerar matavfall med högt fetthinnehåll kan kvarnsystem anslutas till det befintliga avloppssystemet. Vid användande av tankar/uppsamlingsbehållare krävs tömning och transport med slambil.

Inköp och installation av kvarnsystem innebär en stor kapitalkostnad vilket medför att fastighets- och/eller restauranginnehavare kan få svårt att skapa en rimlig ekonomisk kalkyl. Detta dilemma kan underlättas genom att kommunen inför en taxedifferentiering för sophantering som innebär att det lönar sig att installera kvarnsystem. Kommunerna kan även söka statliga investeringsstöd som Klimp (Klimatinvesteringsprogrammet) eller LIP (Lokala Investeringsprogram) för att subventionera inköp och installation.

Alternativet med källsortering av matavfall för transport till en stor avfallskvarn på soptippen rekommenderas till områden där rörsystemen i fastighet och kommun inte kan hantera matavfallet. Källsorteringen innebär en större arbetsinsats för hushållet men kan motiveras genom taxedifferentiering då miljövinsten är betydlig.

Beräkningarna på tunnelsystemet har utförts endast med hänsyn till Käppalas tunnelsystem. Dessa tunnelsystem innehåller ett stort och relativt konstant flöde, vilket medför att påverkan från matavfallet är försumbar. I beräkningarna, med avseende på pumparnas verkningsgrad, har ingen hänsyn tagits till eventuella flödesförändringar. Kommunens och fastigheternas

ledningsnät kan dock påverkas av matavfallet och måste utredas vidare. Fastigheter där stambyte genomförts bör dock vara lämpliga för hantering av matavfall i ledningssystemen.

Den största delen av matavfallet kommer enligt tidigare studier att avskiljas i den mekaniska reningen och försedimenteringen. Detta innebär att den teoretiska ökningen av belastningen på reningsverket troligen uteblir. I Surahammar har reningsverket inte märkt några effekter av den ökade mängden organiskt avfall. Om kolkällan i aktivslam anläggningen skulle bli för stor när mängden organiskt avfall ökar kan detta avhjälpas genom att välja en mindre storlek på step screen gallret i den mekaniska reningen.

Beräkningarna tar endast hänsyn till den ökade mängden organiskt avfall och är inte baserade på det flöde som idag passerar reningsverket. För beräkningarna över påverkan på aktivslamanläggningen har ingen hänsyn tagits till de olika fraktionerna som matavfallet består av. Allt matavfall har antagits vara rent organiskt material. Vidare beräkningar bör utföras för bestämning av fria och partikulära fraktioner av bland annat kväve och fosfor, då dessa påverkar aktivslamanläggningen på olika sätt beroende på vilken form de föreligger i.

Vad det gäller produktion av biogas, har endast den potentiella möjligheten för biogasproduktion av matavfallet behandlats. Ingen hänsyn har tagits till kvaliteten på biogasen som produceras, det vill säga andelen metangas och koldioxid. Eventuella förluster under rötningsprocessen bör även tas med i beräkningarna vid djupare studier. Här spelar även antagandet om att allt matavfall utgörs av rent organiskt material in, då andelen slam till rötningskamrarna troligtvis blir mindre i det verkliga fallet.

9 Slutsats

Avfallskvarnar är ett bra och hållbart alternativ för utnyttjande av organiskt avfall från hushåll. Systemet med avfallskvarnar direkt till avloppet rekommenderas då detta ger minst komplikationer med transporter och hantering av avfallet. Systemet ger en lägre sophämningskostnad om det ansluts till befintligt avloppsnät. Då fastigheternas och kommunernas tunnelsystem skiftar i kvalitet bör detta finnas i åtanke vid val av avfallskvarnssystem, för att motverka bräddning. I de områden där avloppsnätets kvalitet är tillräcklig rekommenderas installation av avfallskvarnar kopplade till avloppsnätet. Är tunnelsystemets kvalitet otillräcklig bör endera avfallskvarnarna kopplas till avfallstankar eller källsortering av organiskt material för malning på soptipp i upptagningsområdet användas. Då kvalitén på kommunernas avloppsnät är okänd bör en studie av dessa genomföras för att bestämma vilka kommuners nät som kan anses tillräckligt säkra för användandet av avfallskvarnar.

Införandet av avfallskvarnar ger en stor potentiell ökning av biogasproduktionen. Detta medför en ekonomisk vinst för reningsverket, vilket kan möjliggöra för taxedifferentiering i de kommuner som ingår i Käppalaförbundet. Biogasproduktionen medför dessutom en förbättring för miljön, då biogasen kan användas som fordonsgas eller för uppvärmning av bostäder dessutom behandlas det organiska avfallet biologiskt.

10 Referenser

Bild referens

Avfallskvarn AB. (2008) <http://www.avfallskvarn.se> [Hämtad: 2008-02-01]

Tryckta källor

Andersen & Nilsen (2006) *Effekter af køkkenkvarne*. COWI København A/S

Aspegren H, Bissmot M, Erlandsson M & Fagerström B-M (2005) *Slutrapport BO01* Malmö, Malmö stad VA-verket

Avfall Sverige Utveckling (2007) *Insamlingsystem för matavfall från restauranger, storkök och butiker* Avfall Sverige AB. Rapport ISSN: 1103-4092

Cedergren J. (2007) *Köksavfallskvarnars betydelse för reningsverk*. Stockholm: Stockholm KTH. Examensarbete

Forsberg, M. & Olofsson, A. (2003) *Köksavfallskvarnar – ett behandlingsalternativ för blött organiskt avfall?* Avdelningen för Vattenförsörjnings- och Avloppsteknik, Luleå: Luleå Tekniska Universitet. Examensarbete ISSN: 1402-1617

ITT Flykt Pumpar (2005) *Produktkatalog – PX torrtruppställda vertikala centrifugpumpar för tryckstegring, vatten och vätskehantering*

Jones, L. & Atkins, P. (2002) *Chemistry- Molecules, Matter and Change*, New York, W.H. Freeman and Company, Inc. 4th edition, ISBN: 0-7167-3254-8

Karlberg, T., Norin, E. (1999) *Köksavfallskvarnar – effekter på avloppsreningsverk. En studie från Surahammar*. VA-Forsk rapport 1999-9, Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen (VAV), Stockholm

KommunalTeknik AB, (2007) *Soptips. Surahammar 2007*

Kretsloppsnämnden Göteborg (2005) *Lägesrapport: Plan för hur man kan gå från projektstadium till en del i verksamheten för hantering av bioavfall – 051115*

Kylefors K, Lagerkvist A. (1993) *Behandling av fetthaltigt slam*. Upplagsgruppen, Luleå: Högskolan i Luleå. ISSN 0284-9968

Kärrman E, Olofsson M, Persson Bernt, Sander A & Åberg H (2001) *Köksavfallskvarnar- en teknik för uthållig resursanvändning?* VA-FORSK RAPPORT 2001.02, Utgiven av VAV AB i samarbete med RVF- Svenska Renhållningsverksföreningen, Göteborg

Lövstedt Charlotte, Norlander Peter (2002) *Undersökning av köksavfallskvarnar i ett separatsystem i Västra hamnen, Malmö-Insamlingsystemet och rötningsprocessen* Avdelningen för Vattenförsörjnings- och Avloppsteknik, Lund: Lunds Tekniska Högskola- Examensarbete

McCabe, Smith, Harriot (2005) *Unit operations of chemical engineering*, New York, McGraw-Hill companies, Inc. 7th edition, ISBN: 007-124710-6

Nedland K. (2006) *Effekter av bruk av matavfallskverner på ledningsnett, renseanlegg og avfallsbehandling. Resultater fra Fossnesundersøkelsen og andre nordiske undersøkelser*. Aquateam- Norsk vanntenologisk sener A/S. Rapport nr: 05-079

Skärvad, P. Olsson J (2006) *Företagsekonomi 100 – Faktabok*, Liber AB, Malmö, 12:e upplagan, ISBN: 978-91-47-08606-9

Söderström Maria (2007) *Matavfallskvarnar - Erfarenheter från installation av matavfallskvarnar kopplade till tank* Delrapport för Miljömiljardsprojektet: "Pumpbart avfall till biologisk behandling" och "Förbehandlat matavfall till biologisk behandling" Trafikkontoren Avfall Stockholm Stad.

Wiberg, Heli (2007) *Termofil rötning av drankvatten*, Institutionen för fysik, kemi och biologi, Linköping, Linköpings Tekniska Högskola. Examensarbete ISRN: LITH-IFM-EX—07/1803—SE

Källor på internet

Avfallskvarn AB. (2008) <http://www.avfallskvarn.se> [Hämtad: 2008-02-01]

Disperator AB (2008) <http://www.disperator.se/food-waste-disposer-275.aspx> [Hämtad: 2008-02-08]

Disperator AB (2008) <http://www.disperator.se/food-waste-disposer-500-excellent.aspx> [Hämtad: 2008-02-08]

Envac. (2008) <http://www.envac.se/frameset.asp> [Hämtad 2008-02-10]

Hayes L AB (2008) <http://www.mamut.net/cyklonavfallskvarnse/> [Hämtad: 2008-02-07]

Käppala förbundet (2008) *Om Käppala* <http://www.kappala.se/default.asp?lid=1&ulid=20&show=1> [hämtad 2008-02-25]

Miljöförvaltningen (2008) *Kompostering*, <http://www.stockholm.se/Extern/Templates/Page.aspx?id=116026> [hämtad 2008-02-13]

Miljödepartementet (2001-06-07), *Förordning om deponering av avfall*, SFS 2001:512, 2007-11-22 <http://lagen.nu/2001:512> [hämtad 2008-02-12]

Regeringens proposition 2002/03:117 *Ett samhälle med giffria och resurssnåla kretslopp*. <http://www.regeringen.se/content/1/c4/09/53/7055a044.pdf> [hämtad 2008-02-12]

Sundström Anders (2008-02-14), *Stockholms sopor kastas bort*, Dagens Nyheter <http://www.dn.se/DNet/jsp/polopoly.jsp?d=1298&a=742995&maNo=-1> , [Hämtad: 2008-02-10]

Muntliga källor

Hayes, Stan, (2008) ägare Hayes L. AB. Email kontakt

Lampa, Therese, (2008) Disperator AB. Email och telefon kontakt

Nilsson, Karl, (2008) Uson Marine AB. Email kontakt

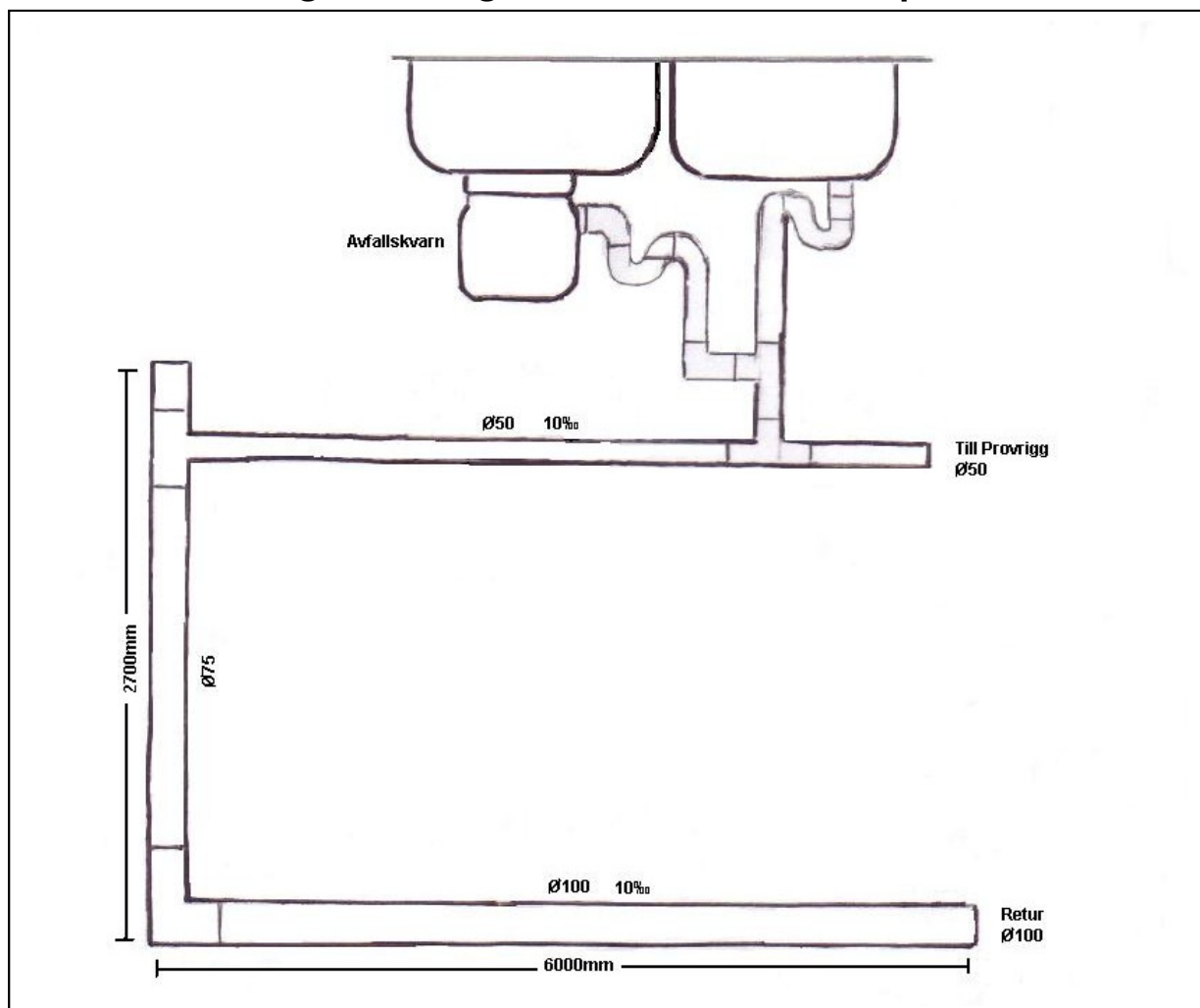
Sundin Anna-Maria (2008) Utvecklingsingenjör på Käppala Reningsverk, mailkontakt 2008-02-22

Wallentin, Henrik, (2008) Kommunal Teknik AB. E-mail och telefon kontakt

Vendel, Kristina. (2008) Miljöingenjör på Käppala Reningsverk, Lidingö. Studiebesök 2008-01-23.

11 Bilaga

11.1 Bilaga 1 – Långtidsförsök i Staffanstorp



Långtidsförsöket i Staffanstorp utfördes i samband med en fallstudie, man kontrollerade igensättningar i rörinstallationer inomhus. Avloppssystemet utformades enligt ovan liggande figur. Systemet belastades med en mängd malet matavfall motsvarande vad fem personer genererar under 15 år. Simulering utfördes i cykliska förlopp med 15 minuters intervall. Vid försökets slut besiktigades och filmades rörsystemet. Man kunde konstatera en kraftig avsättning i 100mm-röret närmast det vertikala 75mm-röret. I 100mm-röret kunde man även tyda en tillväxt vid vattenlinjen på några millimeter. En tunn "avloppshud" hade uppkommit i 50mm-röret. Provtagningen begränsades till vardag, vilket medförde en vissuttorkning i ledningarna. Det ledde troligtvis till att den avsättningen som bildats i 100mm-röret lossnade från rörväggen. Sammanfattningsvis påvisade långtidsförsöket att det inte var någon större risk för igensättningar i servisleddningarna.(Forsberg & Olofsson, 2003)

11.2 Bilaga 2 – Avfallskvarnsmodeller

Tillverkare/ Återförsäljare	Modell	Matnings- metod	Styrka/Effe- kt [W]	Vikt [kg]	RMP [r/min]	Partikel storlek [mm]
Uson Marine AB	Modell MDB	Koninuerlig- /satsmatad	350	3		0-5
	Modell ULM	Kontinuerlig	2200	60		0-5
Hayes L AB	SLC-370- NA	Koninuerlig- & satsmatad	550	3,8	2 800	0-5
	SLC-370- NB	Koninuerlig- & satsmatad	550	3,8	2 800	0-5
	SLC370J	Koninuerlig- & satsmatad	550	3,2	2 800	
	SLC-550- AH	Koninuerlig- & satsmatad	750	4.2	2 800	0-5

11.3 Bilaga 3 – Materialflödesanalys, hushåll

Hushåll

Person ekvivalent	1 p e = 1 person
Mängd Matavfall, lgh	80 [kg/pe, år]
Mängd Matavfall, villa	72 [kg/pe, år]
Medel	76 [kg/pe, år]

Referenser

Kärrman et al 2001
Kärrman et al 2001

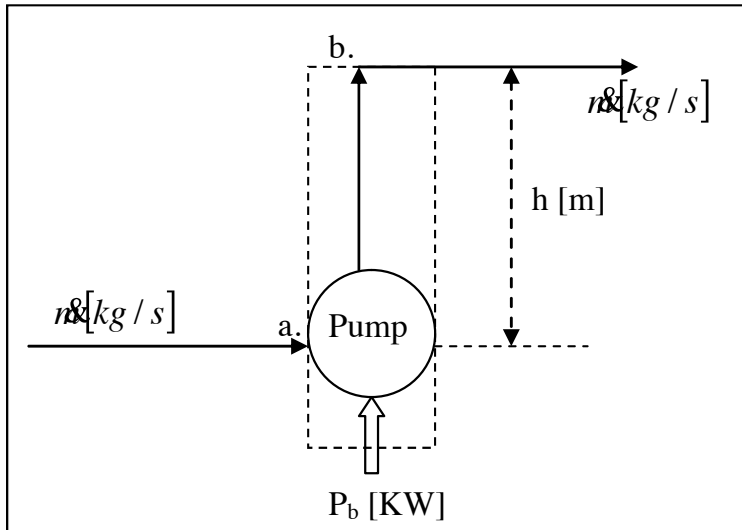
Via köksavfallskvarn

		5 000 pe	25 000 pe	50 000 pe	
		[ton/ år]	[ton/ år]	[ton/ år]	
Andel till kvarn	0,67 [Andel]				
Mängd malbart (67 %)	51 [kg/pe, år]	250	1 300	2 500	
TS (35 %)	18 [kg/pe, år]	89	450	890	Sonesson et al 1996
P (0,38 % av TS)	0,28 [g/pe, dygn]	0,5	2,5	5	Sonesson et al 1996
N (2,0 % av TS)	0,98 [g/pe, dygn]	1,8	8,9	18	Sonesson et al 1996
BOD(52 % av malbar TS)	26 [g/pe, dygn]	46	230	460	Forsberg & Olofsson 2003
Cd (0,93 ppm av TS)	0,05 [mg/pe, dygn]	0,08E-3	0,4E-3	0,8E-3	Sonesson et al 1996
Pb (86 ppm av TS)	4 [mg/pe, dygn]	0,007	0,04	0,08	Sonesson et al 1996
Cu (126 ppm av TS)	6 [mg/pe, dygn]	0,01	0,06	0,1	Sonesson et al 1996
Hg (0,39 ppm av TS)	0,02 [mg/pe, dygn]	3E-5	2E-4	4E-4	Sonesson et al 1996
Zn (274 ppm av TS)	13 [mg/pe, dygn]	0,02	0,1	0,2	Sonesson et al 1996
Cr (29 ppm av TS)	1,4 [mg/pe, dygn]	0,003	0,01	0,03	Sonesson et al 1996
Ni (19 ppm av TS)	0,9 [mg/pe, dygn]	0,002	0,008	0,2	Sonesson et al 1996

Förbränning

Restavfall KAK	0,33 [Andel]				
Mängd till rest (33 %)	25 [kg/pe, år]	130	630	1 300	Sonesson et al 1996
TS (35 %)	8,8 [kg/pe, år]	44	220	440	Sonesson et al 1996
P (0,38 % av TS)	0,09 [g/pe, dygn]	0,2	0,8	2	Sonesson et al 1996
N (2,0 % av TS)	0,5 [g/pe, dygn]	0,9	4	9	Sonesson et al 1996
BOD(52 % av malbar TS)	13 [g/pe, dygn]	23	110	230	Forsberg & Olofsson 2003
Cd (0,93 ppm av TS)	0,02 [mg/pe, dygn]	4E-5	2E-4	4E-4	Sonesson et al 1996
Pb (86 ppm av TS)	2 [mg/pe, dygn]	0,004	0,02	0,04	Sonesson et al 1996
Cu (126 ppm av TS)	3 [mg/pe, dygn]	0,006	0,03	0,06	Sonesson et al 1996
Hg (0,39 ppm av TS)	0,01 [mg/pe, dygn]	2E-5	9E-5	2E-4	Sonesson et al 1996
Zn (274 ppm av TS)	6,6 [mg/pe, dygn]	0,01	0,06	0,1	Sonesson et al 1996
Cr (29 ppm av TS)	0,7 [mg/pe, dygn]	0,001	0,006	0,01	Sonesson et al 1996
Ni (19 ppm av TS)	0,5 [mg/pe, dygn]	8E-4	0,004	0,008	Sonesson et al 1996

11.4 Bilaga 4 – Material- & energibalans, pumpning



GIVET:

$$m_{matavfall} = 140 [g / person, dygn] \quad (\text{Kärrman et al 2001})$$

$$m_{vatten} = 2800 [g / person, dygn]$$

$$x_1 = 5000 [pe]$$

$$x_2 = 25000 [pe]$$

$$x_3 = 50000 [pe]$$

$$h_1 = 20 [m]$$

$$h_2 = 40 [m]$$

$$h_3 = 60 [m]$$

$$\eta_{Pump} = 0,8$$

ANTAGANDEN:

Hänsyn tas bara till hur mycket pumparbete det krävs för lyfta $(x \times m)[g/s]$ matavfall $h[m]$ upp.

1 pe motsvarar ungefär 1 person.

Då tunnelsystemet utnyttjar självfall, försummas den kinetiska energin i fluidet, samt förluster från friktion då den enda friktionen är i pumpen som räknas in i pumpens verkningsgrad. (McCabe et al 2005)

BERÄKNINGAR:

$$\dot{m}_1 = m_{\text{matavfall}} \times x_1 = (0,14 + 2,81) \times 5000 = 15 [\text{ton} / \text{dygn}] = 0,2 [\text{kg} / \text{s}]$$

$$\dot{m}_2 = m_{\text{matavfall}} \times x_2 = (0,14 + 2,81) \times 25000 = 74 [\text{ton} / \text{dygn}] = 0,8 [\text{kg} / \text{s}]$$

$$\dot{m}_3 = m_{\text{matavfall}} \times x_3 = (0,14 + 2,81) \times 50000 = 148 [\text{ton} / \text{dygn}] = 2 [\text{kg} / \text{s}]$$

$$\eta W_p = \left(\frac{p_b}{\rho} + gZ_b + \frac{\bar{V}_b^2}{2} \right) - \left(\frac{p_a}{\rho} + gZ_a + \frac{\bar{V}_a^2}{2} \right) \Rightarrow \eta W_p = g(Z_b - Z_a) = gh$$

$$W_p = \frac{gh}{\eta}$$

$$P_B = \dot{m} W_p = \frac{\dot{m} gh}{\eta}$$

Antal malningar/d	2,4 [ggr/hushåll,dygn]
Vattenförbrukning	3 [L/malning]

Totalt matavfall	0,21 [kg/pe,dygn]
Malbart (67%)	0,14 [kg/pe,dygn]
Matavfall i system	0,14 [kg/pe,dygn]
vattenförb/Matavfall	20/1
Vattenflöde	2,8 [kg/pe,dygn]
Totalt flöde	3 [kg/pe,dygn]

sekunder/dygn	86 400 [s/dygn]
timmar/år	8 760 [h/år]

Pumparbete ekvation: $P_B = \dot{m} W_p = \frac{\dot{m} gh}{\eta}$

g	=	9,81 [m/s ²]
Verkningsgrad		0,8

Anslutna pe			
x1	x2	x3	[pe]
5 000	25 000	50 000	

Massflöde:			
m1	m2	m3	[kg/s]
1,7E-01	8,6E-01	1,7E+00	

Nivåhöjning:			
h1	h2	h3	[m]
20	40	60	

Pumparbetes matris:	[kWh/år]		
	5 000 pe	25 000 pe	50 000 pe

20 m	3,7E+02	1,8E+03	3,7E+03
40 m	7,4E+02	3,7E+03	7,4E+03
60 m	1,1E+03	5,5E+03	1,1E+04

Referens:

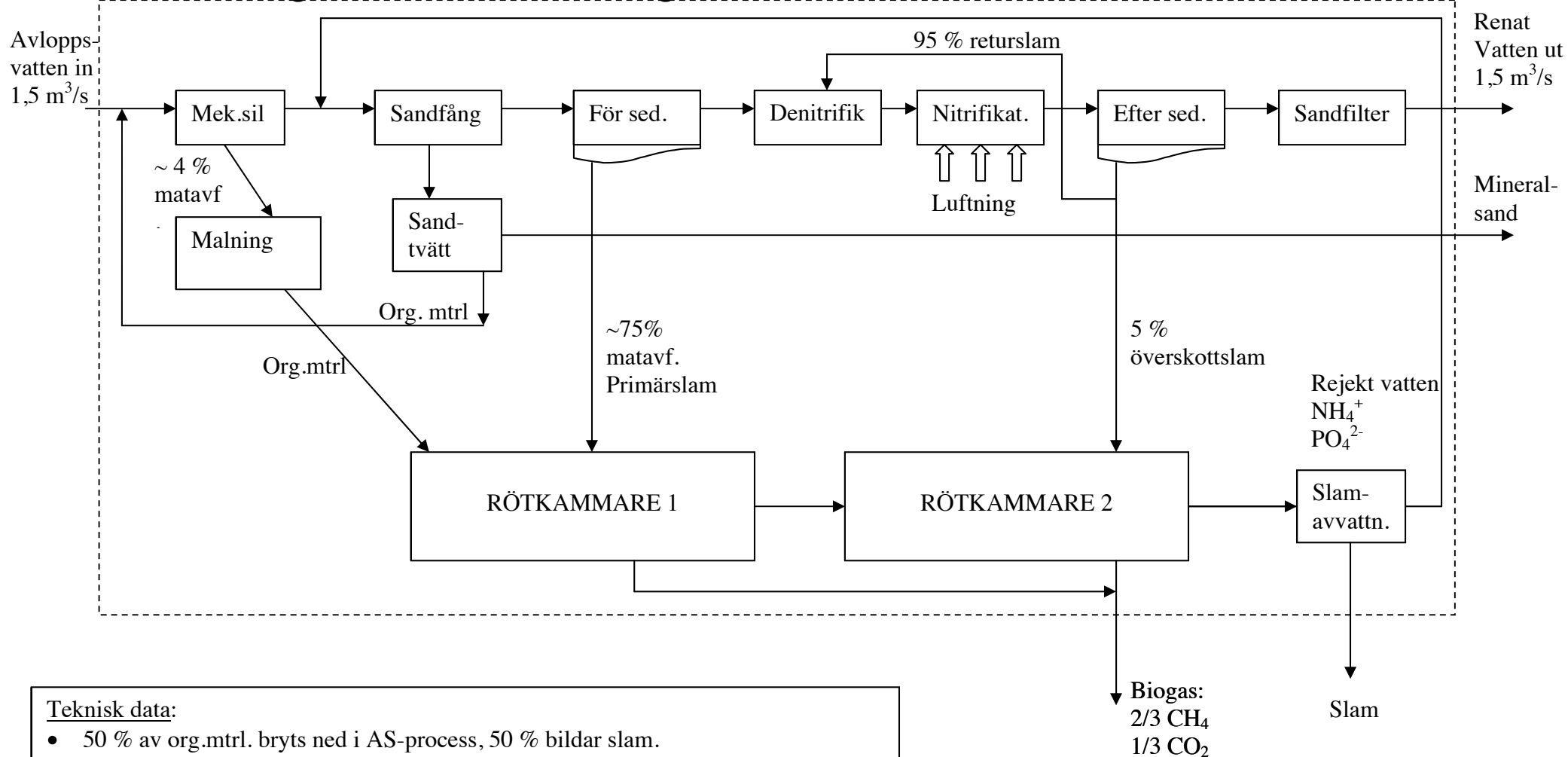
Kärrman et al (2001)
Kärrman et al (2001)

Kärrman et al (2001)
Kärrman et al (2001)
Kärrman et al (2001)
Kärrman et al (2001)
Kärrman et al (2001)

McCabe et al (2005)

McCabe et al (2005)
ITT Flykt (2005)

11.5 Bilaga 5 – Flödesschema, reningsverk



Teknisk data:

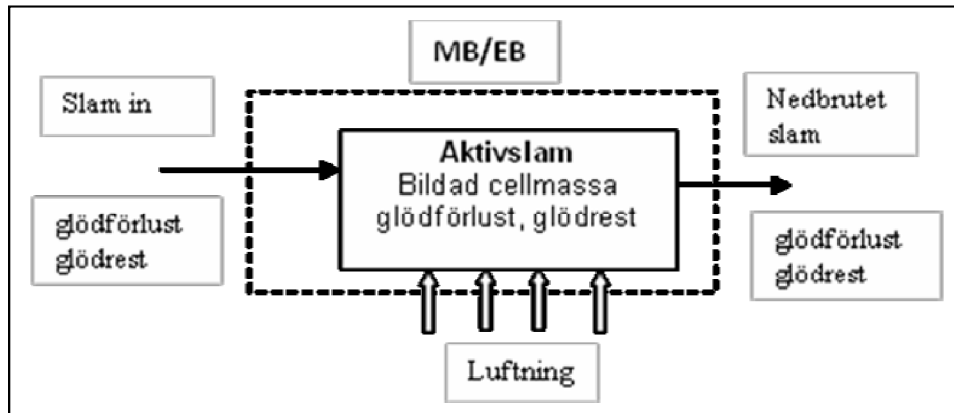
- 50 % av org.mtrl. bryts ned i AS-process, 50 % bildar slam.
- Primär- och sekundärslam består av: 20 % glödrest, 80 % glödförlust
- 0,6 m³ biogas/kg glödförlust
- 140 g matavfall/person, dygn → 49 g TS/person, dygn
(Kärman et al 2001)

11.6 Bilaga 6 – Materialflödesanalys, reningsverk

Matavfall	0,21 [kg/pe, dygn]
malbart matavfall (67 %)	0,14 [kg/pe, dygn]
TS malbart (35 %)	0,05 [kg/pe, dygn]
Mekanisk rening:	
Gallerrens	0,04 [Andel]
mängd matavfall ut	0,002 [kg/pe, dygn]
Försedimentering:	
sedimenterar	0,75 [andel]
mängd matavfall ut	0,04 [kg/pe, dygn]
Eftersedimentering:	
inkommande matavfall	0,21 [Andel]
sedimenterande	0,5 [Andel av inkommande matavfall]
Andel överskotts slam	0,05
Andel returslam	0,95
mängd slam	0,005 [kg/pe, dygn]
Mängd överskottslam	0,0003 [kg/pe, dygn]
Mängd returslam	0,005 [kg/pe, dygn]
Mängd slam till rötning	0,04 [kg/pe, dygn]
Andel glödförlust	0,8
Andel glödrest	0,2
Mängd glödförlust	0,03 [kg/pe, dygn]
Mängd glödrest	0,008 [kg/pe, dygn]

Referens: Kärman et al (2001)

11.7 Bilaga 7 – Materialflödesanalys, luftning



Totalt slam in	0,01	[kg/pe, dygn]
Bryts ned (50 %)	0,005	[kg/pe, dygn]
Bildar cellmassa (50 %)	0,005	[kg/pe, dygn]
Luftningsbehov	1,4	[kg O ₂ /kg glödförlust]
Andel glödförlust (80 %)	0,004	[kg glödförlust/pe, dygn]
Andel glödrest (20 %)	0,001	[kg glödrest/pe, dygn]

Ekvation för luftförbrukning: $y=1,4*0,8*7,665*10^{-3}*x$

Beräkning:

x1	x2	x3	[pe]
5 000	25 000	50 000	

y1	y2	y3	[kg O ₂ /dygn]
29	145	290	

Referens: Kärrman et al (2001)

11.8 Bilaga 8 – Biogaspotential, beräkningar

Matavfall in	0,14 [kg/pe,dygn]
Andel TS (35 %)	5E-02 [kg/pe,dygn]
slam från mek.sil (4 %)	2E-03 [kg/pe,dygn]
slam från FS (75 %)	3,7E-02 [kg/pe,dygn]
Andel nedbrutet i AS (50 %)	5,2E-03 [kg/pe,dygn]
slam från ES	5,2E-03 [kg/pe,dygn]
Andel överskottslam (5 %)	2,6E-04 [kg/pe,dygn]
Andel returslam (95 %)	4,9E-03 [kg/pe,dygn]

Andel glödförlust (80 %)	3,1E-02 [kg/pe,dygn]
Andel glödrest (20 %)	7,8E-03 [kg/pe,dygn]

Biogasproduktion 0,6 m³/kg glödförlust

Ekvation för biogaspotential: $d=0,6 \cdot \text{glödförlust} \cdot x$

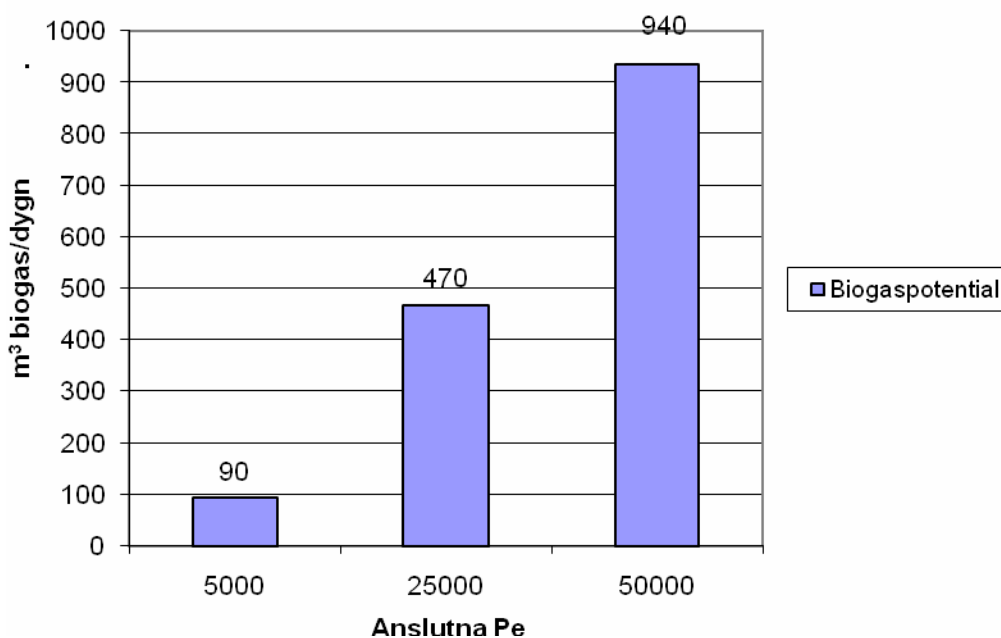
Bildad gas:	0,67 Metan [Andel]
	0,33 CO ₂ [Andel]

x1	x2	x3	[pe]
5000	25000	50000	

d1	d2	d3	[m ³ biogas/dygn]
9,4E+01	4,7E+02	9,4E+02	

D1	D2	D3	[m ³ biogas/år]
34 000	170 000	340 000	

Biogaspotential



11.9 Bilaga 9 – Investeringskalkyl, installation

Leverantör: Hayes AB

Genomsnittspris

avfallskvarn

1 195 [SEK]

Referens

Hayes AB (2008)

Installationspris

1 000 [SEK/kvarn]

Hayes AB (2008)

Avskrivningstid

8 [år]

Karlberg (1999)

Personer per hushåll

2 [stycken]

Kärman (2001)

Antaganden:

Restvärde avfallskvarn (R)

0 [SEK]

Service & extra kärl

2 000 [SEK/år]

Inkomst per hushåll

2 000 [SEK/år]

Utgift per hushåll

1 000 [SEK/år]

Inbetalningsöverskott (a)

1 000 [SEK/hushåll]

a antas vara samma varje år

$a=(I-U)$

kalkylränta

6 %

Beräkningar:

5 000 25 000 50 000 [pe]

Antal avfallskvarnar

2 500 12 500 25 000 [stycken]

Grundinvestering (G)

3 000 15 000 30 000 [k SEK]

total a per år

2 500 13 000 25 000 [k SEK/år]

Annuitetsmetoden:

differens = $a - ((G - R * \text{tab B}) * \text{tab D})$

Skärvad et al (2006)

	5 000	25 000	50 000 [pe]	tabell B	tabell D
År 1	- 670	-3 300	-6 700 [k SEK]	0,9434	1,06
År 2	- 160	4 400	8 700 [k SEK]	0,89	0,5454
År 3	- 7,4	6 900	13 800 [k SEK]	0,8396	0,3741
År 4	140	8 200	16 400 [k SEK]	0,7921	0,2886
År 5	270	9 000	17 900 [k SEK]	0,7473	0,2374
År 6	1 900	9 500	18 900 [k SEK]	0,705	0,2034
År 7	2 000	9 800	19 700 [k SEK]	0,6651	0,1791
År 8	2 020	10 100	20 200 [k SEK]	0,6274	0,161

Leverantör: Uson Marine AB

Genomsnittspris avfallskvarn	4 000 [SEK]
Installationspris	1 000 [SEK/kvarn]
Avskrivningstid	8 [år]
Personer per hushåll	2 [stycken]

Referens

Uson Marine AB (2008)
 Hayes AB (2008)
 Karlberg (1999)
 Kärroman (2001)

Antaganden:

Restvärde avfallskvarn (R)	0 [SEK]
Service & extra kärl	2 000 [SEK/år]
Inkomst per hushåll	2 125 [SEK/år]
Utgift per hushåll	1 000 [SEK/år]
Inbetalningsöverskott (a)	1 125 [SEK/hushåll]
a antas vara samma varje år	a=(I-U)
kalkylränta	6 %

Beräkningar:

	5 000	25 000	50 000 [pe]
Antal avfallskvarnar	2500	12500	25000 [stycken]
Grundinvestering (G)	10 000	50 000	100 000 [k SEK]
total a per år	2 800	14 000	28 000 [k SEK]

Annuitetsmetoden:

$$\text{differens} = a - ((G - R * \text{tab B}) * \text{tab D})$$

Skärvad et al (2006)

	5 000	25 000	50 000 [pe]	tab B	tab D
År 1	- 7 800	- 38 900	- 77 900 [k SEK]	0,9434	1,06
År 2	- 6 100	- 13 200	- 26 400 [k SEK]	0,89	0,5454
År 3	- 5 600	- 4 600	- 9 300 [k SEK]	0,8396	0,3741
År 4	- 5 100	- 370	- 740 [k SEK]	0,7921	0,2886
År 5	- 4 700	2 200	4 400 [k SEK]	0,7473	0,2374
År 6	780	3 900	7 800 [k SEK]	0,705	0,2034
År 7	1 020	5 100	10 200 [k SEK]	0,6651	0,1791
År 8	1 200	6 000	12 000 [k SEK]	0,6274	0,161

11.10 Bilaga 10 – Kostnad, hushåll

Leverantör Hayes AB

			Referens
Genomsnittspris avfallskvarn	2 995	[SEK]	Hayes AB (2008)
Installationspris	1 000	[SEK/kvarn]	Hayes AB (2008)
Avskrivningstid	8	[år]	Karlberg (1999)
Personer per hushåll	2	[pe/hushåll]	Kärroman (2001)
Avfallstaxa osorterat avfall (190 l kärl)	2 144	[SEK/år]	Stockholms Stad (2008)
Avfallstaxa sorterat restavfall (140 l kärl)	1 335	[SEK/år]	Stockholms Stad (2008)

Antaganden:

Service & extra kärl (140 l)	1 500	[SEK/år]
------------------------------	-------	----------

Beräkningar:

Installation	125	[SEK/år]
avfallskvarn	374	[SEK/år]
Avfallskostnads vinst exl. service	809	[SEK/år]

Kostnad per hushåll	2 000	[SEK/år]
----------------------------	--------------	-----------------

Leverantör Uson Marine AB

			Referens
Genomsnittspris avfallskvarn	4 000	[SEK]	Uson Marine AB (2008)
Installationspris	1 000	[SEK/kvarn]	Hayes AB (2008)
Avskrivningstid	8	[år]	Karlberg (1999)
Personer per hushåll	2	[stycken]	Kärroman (2001)
Avfallstaxa osorterat avfall (190 l kärl)	2 144	[SEK/år]	Stockholms Stad (2008)
Avfallstaxa sorterat restavfall (140 l kärl)	1 335	[SEK/år]	Stockholms Stad (2008)

Antaganden:

Service & extra kärl (140 l)	1 500	[SEK/år]
------------------------------	-------	----------

Beräkningar:

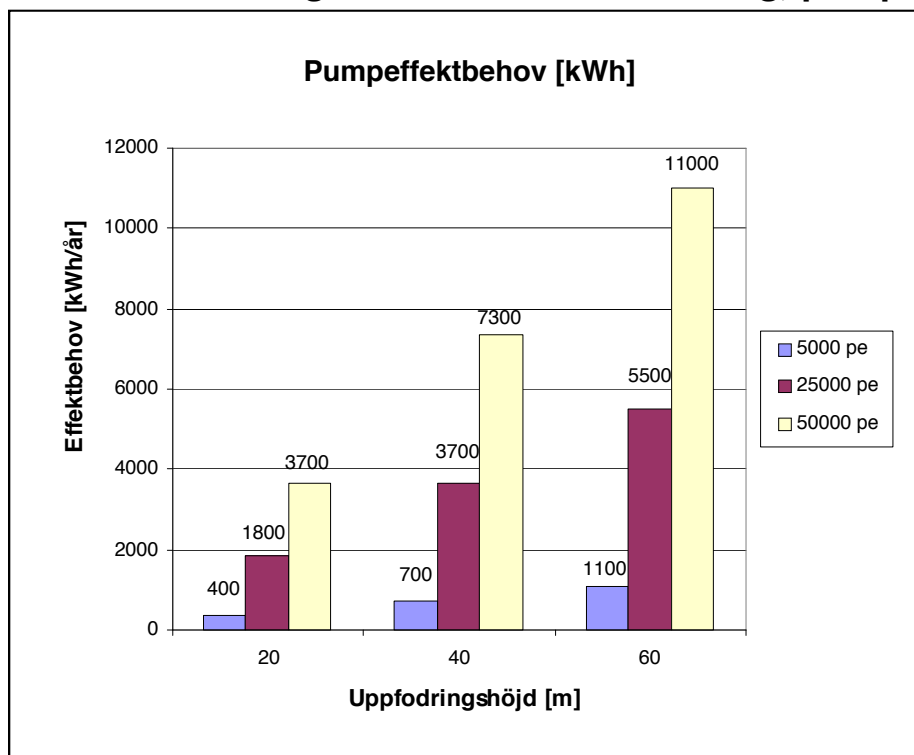
Installation	125	[SEK/år]
avfallskvarn	500	[SEK/år]
Avfallstaxevinst exl. service	809	[SEK/år]

Kostnad per hushåll	2 125	[SEK/år]
----------------------------	--------------	-----------------

11.11 Bilaga 11 – Beräkning, restauranger

Restaurangbesök	0,43	[ggr/pe, dygn]		
Totalt antal gäster	50	[pe]		
Full beläggning	4	[ggr/dygn]		
Antal restaurangbesökare	200	[pe/restaurang, dygn]		
	5 000	25 000	50 000	[pe]
Antal restaurangbesök	2 150	10 750	21 500	[ggr/dygn]
Antal restauranger	11	54	108	[stycken]

11.12 Bilaga 12 - Kostnadsberäkning, pumpning



Diagrammet visar resultat från bilaga 4

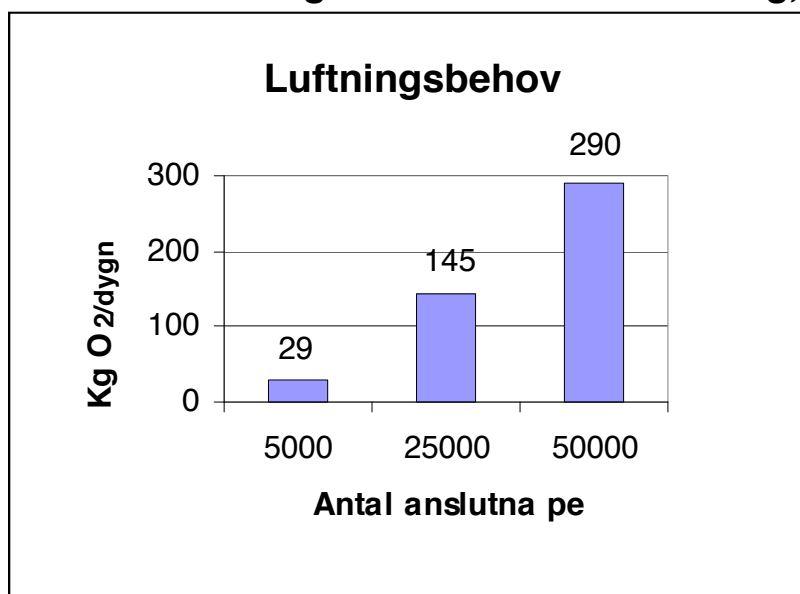
Elpris 0,8 [SEK/kWh]

Sundin (2008)

Kostnadsmatris: [SEK]

	5 000 pe	25 000 pe	50 000 pe
20 m	300	1 500	2 900
40 m	600	2 900	5 900
60 m	900	4 400	8 800

11.13 Bilaga 13 – Kostnadsberäkning, luftning



Diagrammet presenterar resultat från Bilaga 7.

Referens:

Energibehov,
luftning 3,6 [MJ/kg O₂]
Sekunder/timme 3 600 [s/h]

Kärman (2001)

Ekvation: [MJ/kg O₂] / [s/h] = [MJ*h/kg O₂, s] = [MWh/kg O₂]
1 [MWh/kg O₂] = 1 000 [kWh/kg O₂]

Effektbehov luftning 1 [kWh/kg O₂]
Kostnad/kWh 0,8 [SEK/kWh]
Kostnad/kg O₂ 0,8 [SEK/kg O₂]

Sundin (2008)

Kostnad 5 000 pe	23 [SEK/dygn]	=	8 500	[SEK/år]
Kostnad 25 000 pe	116 [SEK/dygn]	=	42 300	[SEK/år]
Kostnad 50 000 pe	230 [SEK/dygn]	=	84 500	[SEK/år]

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.