

# Multikriterieanalys för integrerade systemlösningar i H+ området



Erik Kärrman  
Magnus Arnell  
Birgitta Rydhagen  
Gilbert Svensson  
HB Wittgren

**Oktober 2012**

Uppdragsnr: I20010  
Rapportserie nr:

### SAMMANFATTNING

Denna rapport slutrapporterar Urban Waters uppdrag åt EVAA-gruppen i Helsingborg angående multikriterieanalys för integrerade systemlösningar i H+ området. Syftet med detta uppdrag var att ta fram ett beslutsunderlag genom att med multikriterieanalys utvärdera olika lösningar för integrerade systemlösningar för energi-va-avfall ur uthållighetssynpunkt.

Följande system valdes ut för utvärdering: 1) *Påse Biogas*. Avledning av en samlad spillvattenfraktion till Öresundsverket. Separat insamling av organiskt köksavfall i påse och transport till biogasanläggning. 2) *KAK avlopp*. Installation av köksavfallskvarnar. Det organiska köksavfallet transporteras tillsammans med en samlad spillvattenfraktion till Öresundsverket. 3) *KAK biogas*. Installation av köksavfallskvarnar med separata ledningar i hushållen. Det organiska köksavfallet transporteras i ledningar till lagringstankar. 4) *Urin- och fekaliesortering + KAK biogas samt 5) Klosettsortering + KAK biogas*. Klosettavvattensortering sker med vakuumbloetter via separat ledning till biogasanläggning.

Vi har analyserat systemalternativen på två olika sätt: 1) genom multikriterieanalys där 17 uthållighetskriterier ingick inom kategorierna *Organisation och Teknisk funktion, Brukaraspekter, Miljöpåverkan från emissioner, Resursutnyttjande* samt *Hälsa och hygien*, 2) kostnadsanalys. Vid utvärdering med multikriterieanalys rangordnas alternativen enligt följande:

1. Urinsortering & fekalier+KAK biogas (alternativ 4)
2. Klosettsortering & klosettavvatten+KAK biogas (alternativ 5)
3. KAK biogas (alternativ 3)
4. Påse biogas alternativ 1)
5. KAK avlopp (alternativ 2)

Vid utvärdering med kostnadsanalys rangordnas alternativen enligt följande:

1. KAK avlopp (alternativ 2)
2. Påse biogas (alternativ 1)
3. KAK biogas (alternativ 3)
4. Urinsortering & fekalier+KAK biogas (alternativ 4)
5. Klosettsortering & klosettavvatten+KAK biogas (alternativ 5)

Rangordningen för multikriterieanalys och kostnader står helt i motsats till varandra. I det första fallet är urinsorteringsalternativet (alt 4) bäst, följt av klosettavvattensorteringsalternativet (alt 5). Ser man på kostnaderna är det KAK till ledning som är billigast följt "Påse biogas". Kostnaderna för alternativen 4 och 5 är väldigt höga i jämförelse beroende på höga investeringskostnader på fastigheten, uppsamlingstankar och behandlingsanläggningar. Det bör poängteras att de källsorterande systemen har optimeringspotential. Multikriterieanalysen representerar en helhetssyn och rekommenderas vara vägledande som beslutsunderlag om kostnaderna är rimliga.

Oktober 2012

## FÖRORD

Denna rapport slutrapporterar Urban Waters uppdrag åt EVAA-gruppen i Helsingborg angående multikriterieanalys för integrerade systemlösningar i H+ området.

Urban Waters projektgrupp bestod av Erik Kärrman (uppdragsledare), Magnus Arnell, Gilbert Svensson och HB Wittgren. Externa medverkande i gruppen var Birgitta Rydhagen - Blekinge Tekniska Högskola och Mattias Bisailon - Profu.

Urban Water har arbetat som underkonsulter åt WSP där medverkande har varit Ingrid Nohlgren (uppdragsledare) och Fredrik Christensson.

EVAA-gruppen består av Jens Gille - Helsingborgs stad, Lotta Lewis-Jonsson - NSR, Kenth Hasselgren - konsult åt NSR, Marinette Hagman - NSVA, Sofia Dahl - NSVA och Andreas Kertes - Öresundskraft.

Åsa Davidsson och Hamse Kjerstadius från LTH medverkade vid flera av EVAA-gruppsmötena där multikriterieanalysen processades.

Projektgruppen tackar samtliga deltagare för sina insatser.

## INNEHÅLL

SAMMANFATTNING .....	1
FÖRORD .....	3
BAKGRUND .....	6
SYFTE.....	6
GENOMFÖRANDE.....	6
Projektet innehåller följande moment: .....	6
SYSTEMALTERNATIV.....	8
KRITERIER.....	14
<i>1.1 Organisation och teknisk funktion.....</i>	<i>14</i>
1.1.1 Integration – förankring i kommunen och aktörsgruppen.....	14
1.1.2 Flexibilitet – anpassningsbarhet till förändrade förutsättningar .....	15
1.1.3 Sårbarhet för klimatförändringar .....	16
1.1.4 Driftssäkerhet / Robusthet / Tillförlitlighet.....	17
<i>1.2 Brukaraspekter .....</i>	<i>18</i>
1.2.1 Tydlighet – användning och miljöfördelar.....	18
1.2.2 Säkerhet – förtroende för tekniken, driftsorganisationen och andra brukare .....	20
<i>1.3 Miljöpåverkan från emissioner.....</i>	<i>22</i>
1.3.1 Klimatpåverkan - utsläpp av koldioxidkvalenter till luft .....	22
1.3.2 Övergödning - utsläpp av fosfor och kväve till vatten.....	22
1.3.3 Giffri miljö - utsläpp av kadmium till mark.....	22
1.3.4 Giffri miljö - läkemedelsrester till vatten .....	23
<i>1.4 Resursutnyttjande.....</i>	<i>23</i>
1.4.1 Återföring av fosfor till produktiv mark.....	23
1.4.2 Användning och produktion av energibärare.....	24
1.4.3 Ytanvändning.....	25
<i>1.5 Hälsa och hygien.....</i>	<i>25</i>

Oktober 2012

1.5.1	Smittspridning .....	25
1.5.2	Lukt .....	25
1.5.3	Buller .....	26
1.5.4	Arbetsmiljö .....	27
MULTIKRITERIEANALYS .....		28
KOSTNADSANALYS .....		28
DISKUSSION OCH SLUTSATSER .....		30
BILAGA 1: RESULTAT AV BERÄKNINGAR .....		31

## BAKGRUND

EVAA är ett delprojekt inom stadsförnyelseprojektet H+ i Helsingborgs Stad. EVAA drivs i samverkan **mellan staden och de regionala aktörerna Öresundskraft, NSVA och NSR, i syfte att ta fram principer för innovativa, integrerade systemlösningar inom Energi, Vatten, Avlopp och Avfall i H+ området**, samt att undersöka, designa och därefter implementera dessa. En övergripande utgångspunkt, är att de integrerade systemlösningarna säkerställer att H+ som område, sett över året, kan generera ett energiöverskott, vilket härleds tillbaka till stadens övergripande mål om ett energineutralt Helsingborg 2035.

CIT Urban Water Management AB (Urban Water) har erfarenhet av att genomföra systemstudier med syfte att komma fram till val av uthålliga VA- och avfallssystem. Exempel på områden där Urban Water har medverkat i är systemval för Norra Djurgårdsstaden i Stockholm. Urban Water har också hållit i långsiktig planering för uthålliga VA-system i Göteborg, jämförelse av teknikval för nytt avloppsreningsverk i Kalmar etc. I detta uppdrag samverkar Urban Water med Profu som har gedigen erfarenhet av systemstudier inom avfall och energi. Dessutom medverkar Birgitta Rydhagen, Blekinge Tekniska Högskola som har unik kompetens inom brukaraspekter och organisatoriska aspekter på tekniska system.

## SYFTE

Syftet med detta uppdrag är att ta fram ett beslutsunderlag genom att med multikriterieanalys utvärdera olika lösningar för integrerade systemlösningar för energi-va-avfall ur uthållighetssynpunkt jämfört även med dagens system.

## GENOMFÖRANDE

Projektet innehåller följande moment:

1. Val av systemgräns, systemalternativ och kriterier för utvärdering

I en process omfattande två möten valdes alternativen ut. Som bakgrund användes underlag framtagna för avfallssektorn från NSR och VA från NSVA. Kopplingen till Öresundskraft och energisektorn i stort blev att vi räknar med energiproduktion i form av biogas inom alternativen och att vi förutsätter att energiskog odlas på den mark där avloppsslam sprids. Val av systemgräns gjordes utifrån VA- och avfallssystemets funktion. Hela hanteringssystemet ingår, från insamling och behandling till hantering av restprodukt. Systemet stannar vid åkern där vi endast räknar med att en normal gödselgiva läggs ut. Avloppsslam läggs på energiskogsodling. Urin och rötrest från matavfall och klosettatten används på åkermark för livsmedelsproduktion.

Urval av kriterier genomfördes med utgångspunkt i etapp 1 av EVAA-projektet samt val gjorda i andra liknande systemstudier i Sverige.

Oktober 2012

## 2. Systemanalys/utvärdering

Urvalet av kriterier innehåller huvudkategorierna Teknisk funktion och organisation, Brukaraspekter, Miljöpåverkan från emissioner, Resursutnyttjande, samt Hälsa och hygien. En expert, Birgitta Rydhagen, på samspel mellan människor och teknik utvärderade större delen av kategorierna Teknisk funktion och organisation och Brukaraspekter med hjälp av en erfarenhetssammanställning från forskning och tillämpade projekt. För att utvärdera Miljöpåverkan från emissioner och Resursutnyttjande tillämpade vi substansflödes- och energianalys som görs i Excel. Övriga kriterier utvärderades utan formell metodik.

## 3. Multikriterieanalys för jämförelse av alternativen

För att göra uthållighetsanalys använde vi multikriterieanalys som består av viktning och betygsättning. Viktning sker först mellan kategorierna och mellan kriterierna inom en kategori. Samtliga kriterier betygsätts på en skala från 1 till 5, där 1 är sämst och 5 är bäst. Viktningen gjordes av EVAA-gruppen. För betygsättning gjorde Urban Water ett förslag som sedan justerades av EVAA-gruppen vid mötesdiskussioner.

## 4. Kostnadsberäkning

För kostnadsberäkningarna användes Urban Waters kostnadsmodell som är upprättad i Excel (Olin, 2005). Detta kalkylverktyg är avsett för strategiska vägval rörande VA-system i ett tidigt skede av beslutsprocessen, och ger kostnader avsedda för jämförelser mellan systemalternativ snarare än kostnader som kan användas för investeringsanalys. Som exempel på sådana beslutssituationer kan nämnas VA-överväganden i översiktsplaneringen, strategiska miljökonsekvensbeskrivningar, planering av nya bostads- och industriområden och renovering av gamla avlopps- och bioavfallssystem. Verktöget utgörs av en så kallad *parametrisk kostnadsmodell*, där beräkningen av kostnaden styrs av erfarenhetsmässiga kostnadsdata (parametrar) avseende investering och drift för ett stort antal systemkomponenter. Kostnaderna beräknas sedan med det aktuella systemalternativets befolkningsdata, areal, flöden, mm. Kostnaderna för de flesta anläggningstyperna styrs av massflödena genom systemet.

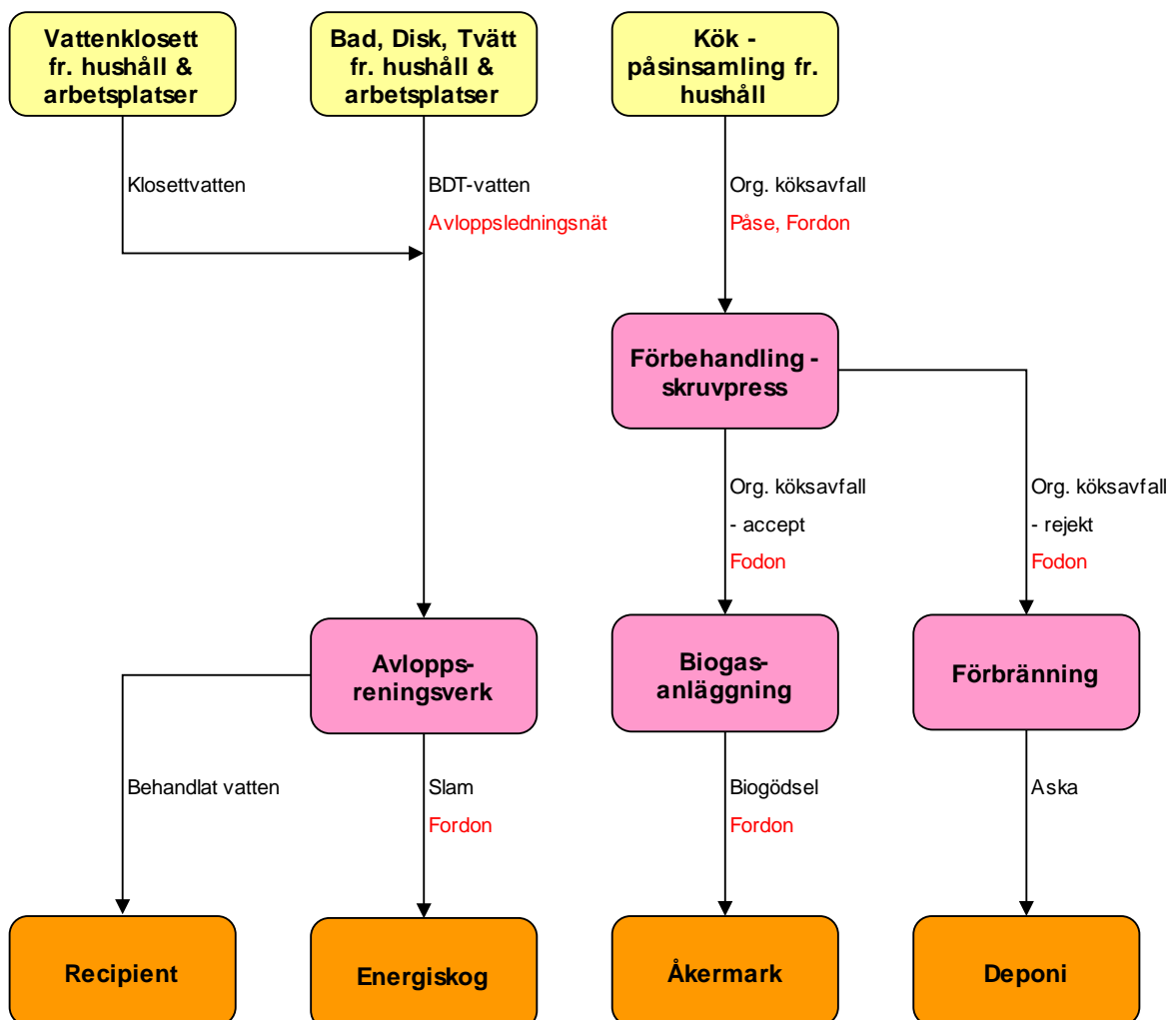
Modellen innehåller inmatningsformulär, för t ex vägtransporter, ledningsnät, avloppsreningsanläggning, rötning, återvinning mm. För varje systemanalys anger modellens användare hur stor andel av de anslutna personerna som är kopplade till en viss teknisk lösning. Modellen är i grunden uppbyggd som en nybyggnadskalkyl. Föreslagna avskrivningstider finns fördefinierade för varje systemkomponent. Avskrivningstiden varierar mellan 15 år för fordon och 50 år för ledningar. I undersökningar med långt tidsperspektiv spelar restvärdena av befintliga systemkomponenter mindre roll; komponenterna kommer att förnyas i den betraktade tidsperioden. Ett befintligt avloppssystem med reningsanläggningar, pumpstationer etc utgör naturligtvis ett värde i en övergång till ett nytt system som i huvudsak bygger på att det befintliga systemet utvidgas och kompletteras med nya funktioner. Kalkylerade kostnader summeras till fyra huvudgrupper: Fastigheter, Distribution, Anläggningar och Transporter.

## SYSTEMALTERNATIV

Fem systemalternativ valdes ut. Dessa presenteras i nedanstående figurer, samt sammanfattningsvis i Tabell 1.

### 1. Påse biogas

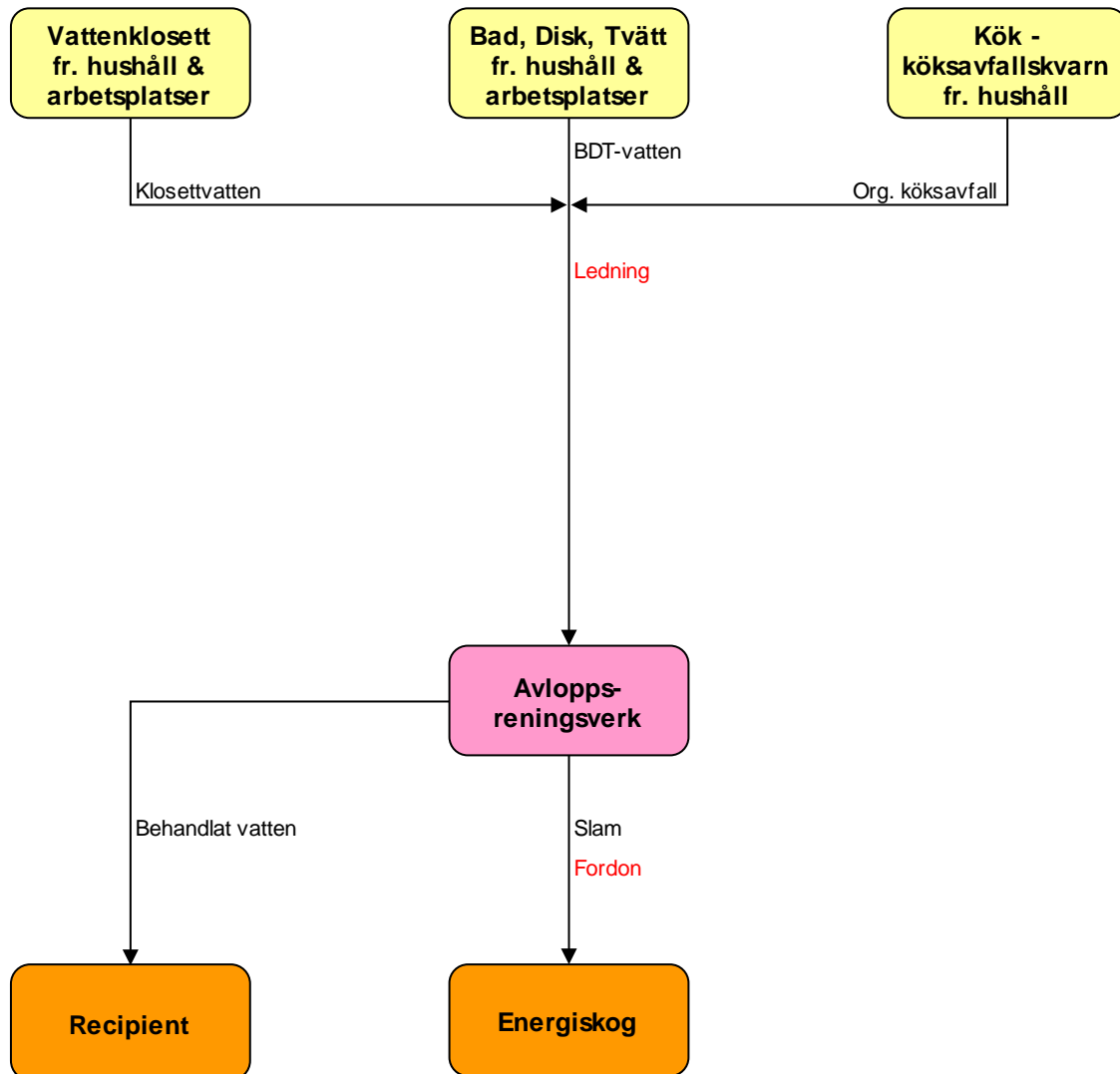
Avledning av en samlad spillvattenfraktion till Öresundsverket. Separat insamling av organiskt köksavfall i påse och transport till NSRs biogasanläggning.





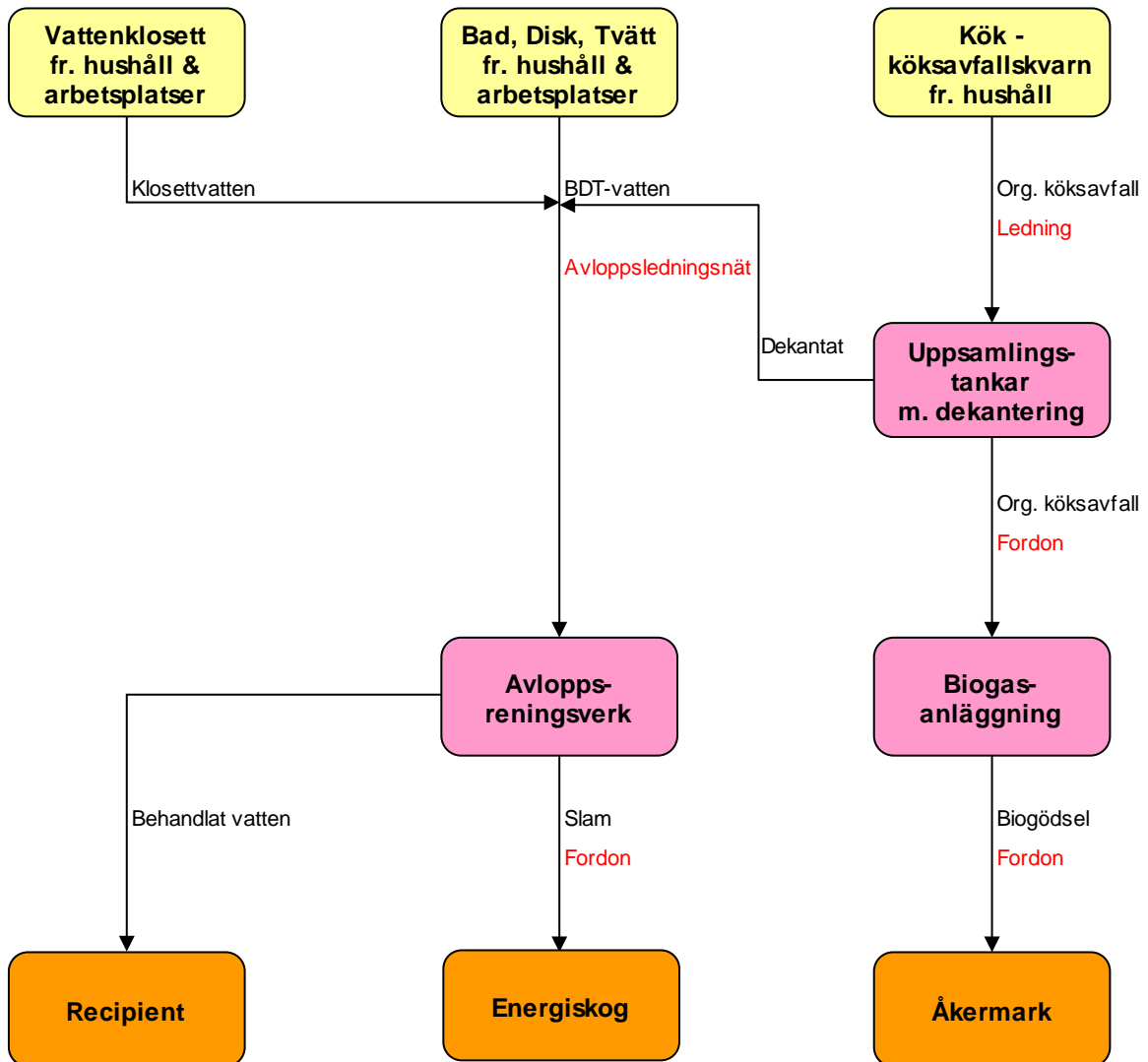
## 2. KAK avlopp

Installation av köksavfallsskvarnar. Det organiska köksavfallet transporteras tillsammans med en samlad spillvattenfraktion till Öresundsverket.



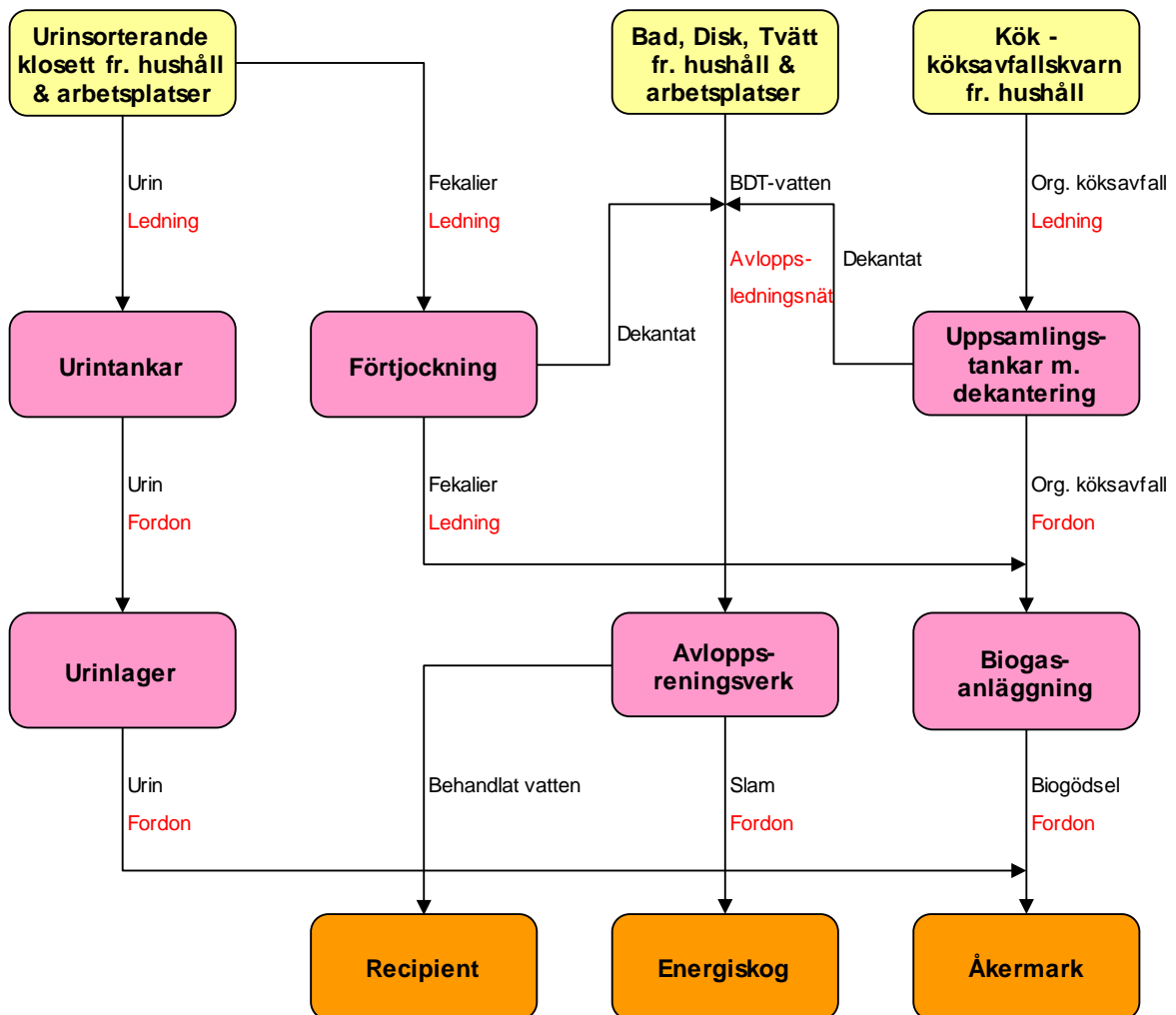
**3. KAK biogas**

Installation av köksavfallskvarnar med separata ledningar i hushåll. Det organiska köksavfallet transporteras i ledningar till en eller flera lagringstankar m. dekantering (till 10 % TS) i området, varifrån det transporteras till NSRs biogasanläggning. Avledning av spillvatten som i System 1.



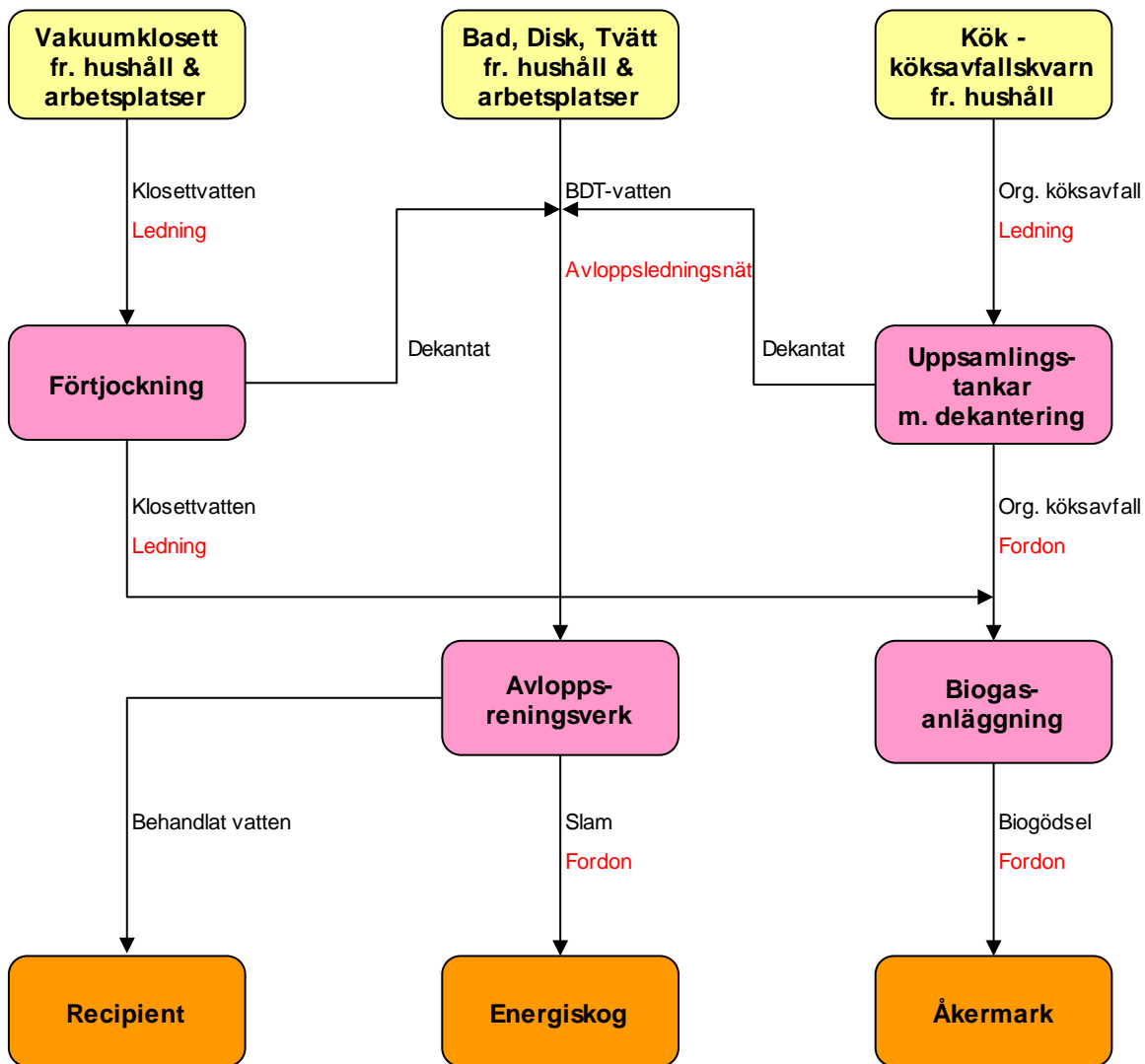
**4. Urinsortering & fekalier+KAK biogas**

Installation av urinsorterande klosetter i hushåll. Avledning av urinen i separata ledningar till en eller flera uppsamlingstankar i området, och därifrån transport till urinlager. Fekaliefraktion transporteras i ledning till NSRS biogasanläggning för förtjockning och rötning. Avledning av övrigt spillvatten samt hantering av organiskt köksavfall som i System 3.



**5. Klosettsortering & klosett+vatten+KAK biogas**

Installation av vakuumblosetter i hushåll. Klosett+vatten avleds i separata ledningar till separat biogasanläggning för förtjockning och rötning. Avledning av övrigt spillvatten samt hantering av organiskt köksavfall som i System 3.



# Multikriterieanalys för integrerade systemlösningar i H+ området

Oktober 2012

Tabell 1. Beskrivning av de fem utvalda systemalternativen.

	<b>1. Påse biogas</b>	<b>2. KAK avlopp</b>	<b>3. KAK biogas</b>	<b>4. Urinsortering &amp; fekalier +KAK biogas</b>	<b>5. Klosettsortering &amp; klosettatten +KAK biogas</b>	
<b>Urin</b>	Spillvatten till konventionell rening i ARV, rötning av slam, slam till energiskog.	Spillvatten samt organiskt köksavfall i KAK till konventionell rening i ARV, rötning av slam, slam till energiskog.	Spillvatten till konventionell rening i ARV, rötning av slam, slam till energiskog.	Urin till urintank, transport till centralt urinlager för lagring, hygieniserad urin till åkermark	Vakuumsystem för klosettatten till förtjockning och samrötning med organiskt köksavfall i biogasanl.	
<b>Fekalier</b>				Fekalievatten i separat ledning till förtjockning och samrötning med organiskt köksavfall i biogasanläggning		
<b>BDT</b>				BDT till konventionell rening i ARV, rötning av slam, slam till energiskog		BDT till konventionell rening i ARV, rötning av slam, slam till energiskog
<b>Organiskt Köksavfall</b>				Organiskt köksavfall i påse, därefter till förbehandling och biogasanl., rötrest till åkermark.		Organiskt köksavfall i KAK till tank, därefter till biogasanl., rötrest till åkermark

## KRITERIER

### 1.1 Organisation och teknisk funktion

#### 1.1.1 Integration – förankring i kommunen och aktörsgruppen

Integration handlar om förutsättningarna för att förankra valet av system inom den kommunala organisationen och hos andra aktörer som berörs; byggföretag, fastighetsägare och lantbruk. Det krävs adekvat fortbildning i de alternativ som introducerar ny teknik. Vissa alternativ ställer större krav på engagemang inom förvaltning och drift. Vissa alternativ ställer krav på utrymme för uppsamling inom området. Olika alternativ ger olika möjligheter att följa upp hur de fungerar inom området eller enskilda fastigheter. Detta kan påverka olika aktörers inställning till alternativet.

För att systemet ska fungera under lång tid behövs en viss grundläggande samsyn bland berörda förvaltningar, entreprenörer, byggföretag och lantbrukare/odlare som tar emot restprodukten. Det är också angeläget att väcka intresse bland fler än de som driver H+, och att sträva efter politisk långsiktighet. För att den dagliga verksamheten ska fungera när systemet är i drift krävs motivation bland driftpersonal och fastighetsförvaltare. Dessa grupper behöver ha kunskap om viktiga aspekter och också vad de behöver informera hyresgäster om för att systemet ska fungera problemfritt. Ansvarig förvaltning bör ha en långsiktig plan för information, kommunikation och återkoppling till brukarna för att uppnå och bibehålla önskade handlingsmönster.

**1. Påse biogas:** Detta alternativ är väl beprövat i svenska kommuner och kan betraktas som ”gängse hantering”. Behov av utrymme för insamling av påse. Idag används avloppsslammet på jordbruksmark men kritik förekommer.

**2. KAK avlopp:** Ett system som VA-huvudmannen kan driva utan större förändring i kompetens. Avfallssidan blir avlastad från att samla in och behandla matavfall. Kritiskt att det finns en kunnig aktör som installerar och sköter drift och underhåll av kvarnarna. Viss risk för ökade mängder avfall i ”brännbar” fraktion jämfört med sortering av matavfall i påse. Negativt för jordbruket att få matavfallet blandat i slammet.

**3. KAK biogas:** Ett system som VA-huvudmannen kan driva utan större förändring i kompetens. Driftsorganisationen blir avlastad från att samla in och behandla matavfall. Kritiskt att det finns en kunnig aktör som installerar och sköter drift och underhåll av kvarnarna. Viss risk för ökade mängder avfall i ”brännbar” fraktion jämfört med sortering av matavfall i påse. Behov av plats för uppsamlingstankar. Positivt för jordbruket att få en separat rötrest från matavfallet.

**4. Urinsortering & fekalier+KAK biogas:** Urinsortering kräver stabilt stöd från flera aktörer för att etableras i bostadsområde, då det finns skepsis för systemet i olika led. Ett relativt enkelt system för återföring av växtnäring utan komplicerad behandling om tillräckliga volymer samlas in. Alternativet kräver plats för uppsamlingstankar både för urin och nermalt matavfall.

**5. Klosettsortering & klosettatten+KAK biogas:** Ny teknik som kräver utbildning av personal som sköter systemet och information till brukarna. Kritiskt att det finns en kunnig aktör som installerar och sköter drift och underhåll av kvarnarna. Från lantbruket saknas tydliga riktlinjer om detta

material, men kvaliteten bör vara högre än dagens avloppsslam. Behov av plats för uppsamlingstankar.

<b>1.1 Integration</b>	Betyg
1. Påse biogas	3
2. KAK avlopp	3
3. KAK biogas	3
4. Urinsortering & fekalier+KAK biogas	1
5. Klosettsortering & klosettatten+KAK biogas	2

### 1.1.2 Flexibilitet – anpassningsbarhet till förändrade förutsättningar

I den mån det finns osäkerhet om möjligheten att nyttja restprodukten för näringsåterföring i ett långsiktigt perspektiv är det angeläget att skapa utrymme för förändringar. Till exempel kan en omsvängning i frågan om gödsling med avloppsslam leda till att nya behandlingsmetoder blir nödvändiga. Dessa behöver då gå att passa in i det valda systemalternativet.

Det kan alltså finnas anledning att överväga installation av separata ledningssystem för vissa flöden även om behandlingen för tillfället kan ske tillsammans. I ett sådant fall kan flödena senare separeras, till exempel mellan köksavfall och klosettatten, eller mellan urin och övrigt avloppsvatten.

Flexibiliteten i systemet öppnar handlingsutrymme för aktörerna. I framtiden kan andra tekniska lösningar bli tillgängliga som bättre fyller kraven på miljöskydd och näringsåterföring.

**1. Påse biogas:** Insamlingen kan göras gradvis och detaljer som påsmaterial, insamlingskärl, tömningsfrekvens kan förändras och anpassas efter införande för att möta de lokala behoven. Installation av en gemensam avloppsledning från bostäder och fastigheter innebär stora svårigheter att introducera sorterande ledningssystem i ett senare skede. Tillägg av andra ledningar i befintlig bebyggelse är tekniskt komplicerat.

**2. KAK avlopp:** Installation av kvarnar i vasken innebär fasta installationer som knappast har någon alternativ användning. Hopblandning av avloppsprodukter och matavfall ger en låg flexibilitet.

**3. KAK biogas:** Installation av kvarnar i vasken innebär fasta installationer som knappast har någon alternativ användning. Dessutom låser man sig ytterligare genom att installera uppsamlingstankar. Dock mer flexibelt jämfört med Alt 2 att matavfallet hanteras separat från avloppsslam.

**4. Urinsortering & fekalier+KAK biogas:** Urinsorterande toaletter kräver dubbla ledningsnät, särskilda toalettstolar och uppsamlingstankar i området. Den flexibilitet som erbjuds är att leda hela toalettavloppet till avloppsnätet och avveckla urinsorteringen. För att skapa effektivitet krävs någorlunda stor volym, både vid uppsamlingsplatsen och för spridningen i jordbruket. Därför bör inte

urinsortering installeras och användas i ett fåtal byggnader utan hellre i det stora flertalet för att bli attraktivt för lantbruket som aktör.

**5. Klosettsortering & klosettatten+KAK biogas:** Vakuumpoletter är ett specifikt system som inte går att omvandla till självfallssystem eftersom ledningarna har en smalare dimension. Däremot kan behandlingen av klosettattnet variera från sambehandling med övrigt avloppsvatten till behandling med stallgödsel, organiskt köksavfall eller annat organiskt material. Även om detta alternativ sambehandlar KAK-flöden och klosettatten bör dessa båda flöden gå att separera vid behov med hänsyn till framtida regelverk och överenskommelser med mottagare av restprodukten.

1.2 Flexibilitet	Betyg
1. Påse biogas	3
2. KAK avlopp	1
3. KAK biogas	3
4. Urinsortering & fekalier+KAK biogas	5
5. Klosettsortering & klosettatten+KAK biogas	4

### 1.1.3 Sårbarhet för klimatförändringar

Klimatförändringarna kommer att leda till höga vattenflöden momentant. I detta kriterium värderas konsekvenserna i form av bräddning från de olika alternativen vid höga vattenflöden.

**1. Påse biogas:** H+-området kommer att få duplikat system vilket gör att bräddning kan undvikas. Vid höga vattenflöden måste dock ändå bräddningar ske från spillvattensystemet. Att matavfall samlas in i påse och därmed är skilt från avloppssystemet är fördelaktigt då matavfallet inte hamnar i miljön på grund av höga vattenflöden.

**2. KAK avlopp:** I detta system tillför man matavfall till spillvattensystemet via kvarnarna. Ett tillskott av övergödande ämnen från matavfallet kommer att bräddas ut i vattendragen vid höga flöden.

**3. KAK biogas:** Systemet med tankar för uppsamling av normalt matavfall i tankar är positivt ur miljösynpunkt vid höga flöden. Tanksystemen bör göras täta och kan hållas fria från bräddning vid höga vattenflöden.

**4. Urinsortering & fekalier+KAK biogas:** Urinsorteringen medför att en stor del av innehållet av närsalter samlas upp i tankar och tillförs därmed inte spillvattensystemet. Detta medför att mängden övergödande ämnen som bräddas blir mindre i detta system än ett konventionellt system med blandat spillvatten.

**5. Klosettsortering & klosettatten+KAK biogas:** I detta system samlas matavfall upp i separata tankar och kan därmed undgå att hamna i vattendragen vid höga vattenflöden. Klosettattnet



Oktober 2012

transporteras i ett separat vakuumsystem. Endast bad-, disk- och tvättvatten leds i ledningssystemet och utsläppen av övergödande ämnen vid bräddning blir låg.

1.3 Sårbarhet för klimatförändringar	Betyg
1. Påse biogas	3
2. KAK avlopp	2
3. KAK biogas	3
4. Urinsortering & fekalier+KAK biogas	4
5. Klosettsortering & klosettatten+KAK biogas	5

## 1.1.4 Driftssäkerhet / Robusthet / Tillförlitlighet

För detta kriterium värderas hur driftsäkra systemen är vid normala driftsförhållanden från driftsorganisationens perspektiv. I driftsorganisationen ingår såväl de som sköter driften inom fastighet som de som sköter driften av de allmänna (kommunala) delarna av systemet.

**1. Påse biogas:** Detta alternativ har väl etablerad teknik både vad gäller spillvattenhantering och vad gäller hanteringen av matavfall. Vid normala förhållanden är alternativet mycket driftsäkert.

**2. KAK avlopp:** Införandet av avfallskvarnar är visserligen inte särskilt vanligt i Sverige men de tillämpningar som finns är väl dokumenterade vad gäller erfarenheter. Dessutom är avfallskvarnar vanliga i andra delar av världen. Tekniken är driftssäker. Ett moment tillkommer i form av hantering av stopp i kvarnarna.

**3. KAK biogas:** Goda erfarenheter av uppsamling i tank av normalt matavfall finns i Malmö. Systemet bör vara driftsäkert. Driftsorganisationen måste vara rustad för att hantera stopp som uppkommer i kvarnarna.

**4. Urinsortering & fekalier+KAK biogas:** Erfarenheterna av urinsortering är att det uppkommer en hel del stopp i de urinsorterande toaletterna, vilket driftsorganisationen måste vara rustad för. Dessutom tillkommer hanteringen av stopp i avfallskvarnarna.

**5. Klosettsortering & klosettatten+KAK biogas:** Vakuumsystemen som transporterar klosettattnet är ett system som inte är särskilt väl beprövat. Här måste driftsorganisationen vara beredd på en större risk för stopp.

1.4 Driftssäkerhet	Betyg
1. Påse biogas	4
2. KAK avlopp	4

Oktober 2012

3. KAK biogas	4
4. Urinsortering & fekalier+KAK biogas	2
5. Klosettsortering & klosettatten+KAK biogas	3

## 1.2 Brukaraspekter

### 1.2.1 Tydlighet – användning och miljöfördelar

Detta kriterium omfattar både den tekniska funktionen; att det ska vara enkelt att använda tekniken rätt både för boende och för gäster och besökare; och den miljöfördel som tekniken signalerar.

**1. Påse biogas:** Sortering i särskild påse är en tydlig signal om systemets miljöfördel. Däremot kan det uppstå viss osäkerhet kring miljökonsekvenserna av transportererna av materialet.

I spillvattensystemet förblir miljöaspekter osynliga både eftersom systemet är invariant och för att olika flöden blandas i samma ledningsnät och reningsprocesser. Systemet är enkelt att använda både för boende och gäster, eftersom det är likadant som i stora delar av landet.

**2. KAK avlopp:** För de boende innebär KAK en förändring i användandet av både avfallssystem och vasken i köket. Tekniken är bekväm, men samtidigt påminner den om sorteringen och bör därför anses uppmuntra till både utsortering av organiskt material och undvikande av felsortering av sådant som inte ska sorteras. Det finns ingen möjlighet att spåra föroreningar till enskilda hushåll, men kvarnens utformning och specifika placering påminner de boende om dess funktion. Analyser i Skogaberg visar att cirka 70 procent av det organiska avfallet maldes i kvarnen. Matrester som är förpackade (t.ex. bröd i påse, mejeriprodukter i burkar) tillhör den typ av avfall som är mer besvärligt att sortera i KAK. Kvarnen är ett bekvämt redskap som underlättar köksarbetet och avfallsarbetet, och som uppfattas innebära miljöfördelar jämfört med att slänga matavfallet med övrigt avfall. Det uppfattas också som en fördel att slippa bära ut soppåsen.

I spillvattensystemet förblir miljöaspekter osynliga både eftersom systemet är invariant och för att olika flöden blandas i samma ledningsnät och reningsprocesser. Systemet är enkelt att använda både för boende och gäster, eftersom det är likadant som i stora delar av landet.

**3. KAK biogas:** För de boende innebär KAK en förändring i användandet av både avfallssystem och vasken i köket. Tekniken är bekväm, men samtidigt påminner den om sorteringen och bör därför anses uppmuntra till både utsortering av organiskt material och undvikande av felsortering av sådant som inte ska sorteras. Det finns ingen möjlighet att spåra föroreningar till enskilda hushåll, men kvarnens utformning och specifika placering påminner de boende om dess funktion. Analyser i Skogaberg visar att cirka 70 procent av det organiska avfallet maldes i kvarnen. Matrester som är förpackade (t.ex. bröd i påse, mejeriprodukter i burkar) tillhör den typ av avfall som är mer besvärligt att sortera i KAK. Kvarnen är ett bekvämt redskap som underlättar köksarbetet och avfallsarbetet, och som uppfattas innebära miljöfördelar jämfört med att slänga matavfallet med övrigt avfall. Det uppfattas också som en fördel att slippa bära ut soppåsen.

I spillvattensystemet förblir miljöaspekter osynliga både eftersom systemet är invariant och för att olika flöden blandas i samma ledningsnät och reningsprocesser. Systemet är enkelt att använda både för boende och gäster, eftersom det är likadant som i stora delar av landet.

**4. Urinsortering & fekalier+KAK biogas:** Urinsortering är den avloppslösning som tydligast signalerar miljöfördelar för de boende, eftersom toalettstolen har annorlunda utformning. De flesta som prövat urinsortering ser positivt på principen att sortera urin för näringsåterföring.

För de boende innebär KAK en förändring i användandet av både avfallssystem och vasken i köket. Tekniken är bekväm, men samtidigt påminner den om sorteringen och bör därför anses uppmuntra till både utsortering av organiskt material och undvikande av felsortering av sådant som inte ska sorteras. Det finns ingen möjlighet att spåra föroreningar till enskilda hushåll, men kvarnens utformning och specifika placering påminner de boende om dess funktion. Analyser i Skogaberg visar att cirka 70 procent av det organiska avfallet maldes i kvarnen. Matrester som är förpackade (t.ex. bröd i påse, mejeriprodukter i burkar) tillhör den typ av avfall som är mer besvärligt att sortera i KAK. Kvarnen är ett bekvämt redskap som underlättar köksarbetet och avfallsarbetet, och som uppfattas innebära miljöfördelar jämfört med att slänga matavfallet med övrigt avfall. Det uppfattas också som en fördel att slippa bära ut soppåsen.

**5. Klosettsortering & klosettwater+KAK biogas:** För boende har sorterande vakuumtoalett en tydlig miljöfördel, eftersom tekniken synliggör sorteringen av avloppsflöden. Även om toaletten har ett gemensamt utlopp bör de boende vara medvetna om att detta hanteras separat från övrigt avloppsvatten. Det gemensamma utloppet gör toaletten enkel att använda för boende och gäster eftersom man kan sitta som vanligt. Barn kan uppleva spolningen som obehaglig.

Även KAK har tydliga miljöfördelar för boende, eftersom de signalerar separat hantering av rena näringsflöden. Att kombinera båda system i samma behandlingsanläggning kan ses som positivt eller negativt, beroende på synen på klosettvattnets användning.

2.1 Tydlighet	Betyg
1. Påse biogas	3
2. KAK avlopp	4
3. KAK biogas	4
4. Urinsortering & fekalier+KAK biogas	4
5. Klosettsortering & klosettwater+KAK biogas	5

### 1.2.2 Säkerhet – förtroende för tekniken, driftsorganisationen och andra brukare

Säkerheten innebär att tekniken inte krånglar, droppar eller blir stopp i ledningar. Tekniken bör också ha ett visst mått av förlåtande så att det inte uppstår problem om någon gör fel. Det minskar risken för osämja mellan grannar såväl som risken för problem oavsett användares hantering (både gällande stopp i ledningar, osv och miljöpåverkan, och både gällande egen och grannars hantering).

**1. Påse biogas:** Insamling i påse fungerar bra i de kommuner där det tillämpas idag. Vissa påsmaterial är mer känsliga för blött avfall, men i huvudsak tycks detta lösas genom frekvens på tömning och hämtning av avfallet. Viss oro för kladd förekommer bland boende. I förhållande till andra boende kan systemet antas ha en flexibilitet i det att var och en kan sortera ut en del så att även om det är olika stor utsorteringsgrad i varje hushåll så bidrar var och en med något. Eftersom felsorteringsgraden i befintliga system är 1-3 procent bör det inte finnas skäl att motivationen minskar på grund av grannarnas brist på ansvarstagande.

Spillvattensystemet är välkänt och fungerande i de flesta fall. Det förekommer oro för att reningsverket inte klarar att ta emot dagens komplexa avloppsvatten.

**2. KAK avlopp:** Spillvattensystemet är välkänt och fungerande i de flesta fall. Det förekommer oro för att reningsverket inte klarar att ta emot dagens komplexa avloppsvatten.

Sammanblandningen med övrigt avloppsvatten kan skapa en osäkerhet hos boende om den verkliga miljöfördelen, med tanke på osäkerheten kring avloppsslammets kvalitet.

De flesta hushåll har erfart enstaka problem med kvarnen, då den stannat och matrester fastnat. Med tillräckligt vattenflöde minskar dessa problem, och de påverkar inte den positiva grundinställningen.

Det finns ingen möjlighet att spåra föroreningar till enskilda hushåll, men kvarnens utformning och specifika placering påminner de boende om dess funktion. Analyser i Skogaberg visar att cirka 70 procent av det organiska avfallet maldes i kvarnen. Matrester som är förpackade (t.ex. bröd i påse, mejeriprodukter i burkar) tillhör den typ av avfall som är mer besvärligt att sortera i KAK.

**3. KAK biogas:** Spillvattensystemet är välkänt och fungerande i de flesta fall. Det förekommer oro för att reningsverket inte klarar att ta emot dagens komplexa avloppsvatten.

I de undersökningar som gjorts bland hushåll med KAK i Sverige (Surahammar, Staffanstorp, Bo01 i Malmö, Skogaberg i Göteborg) uppger i stort sett alla att kvarnen är ett bekvämt redskap som underlättar köksarbetet och avfallsarbetet. Det uppfattas också som en fördel att slippa bära ut soppåsen.

I de flesta fall där kvarnar introducerats i svenska kommuner har kvarnen inte inneburit en högre kostnad för boende jämfört med övriga alternativ. De flesta hushåll har erfart enstaka problem med kvarnen, då den stannat och matrester fastnat. Med tillräckligt vattenflöde minskar dessa problem, och de påverkar inte den positiva grundinställningen.

**4. Urinsortering & fekalier+KAK biogas:** Eftersom tekniken styr användningen bör förutsättningarna för att flertalet ska använda tekniken på förväntat sätt vara goda. Det är avgörande med information om rengöring och hantering av eventuella stopp, så att detta inte orsakar oro och problem.

Flera boende har enligt olika studier upplevt problem med stopp i urinledningarna, och uppger att de städar toaletterna oftare än en konventionell toalett för att undvika stopp. För barn kan det vara svårt att sitta på rätt sätt för att träffa rätt avdelning i toaletten. Det kan också vara bekymmersamt att instruera gäster att sitta och att inte spola i onödan. Det har nämligen visat sig att vattenåtgången är högre än förväntat på grund av nedspolning av papper.

Byggföretag har visat tveksamhet till urinsortering med hänvisning till att boende inte vill ha detta, och försöken med urinsortering i stadsbebyggelse har i stort sett avstannat sedan 1990-talets pilotprojekt.

**5. Klosettsortering & klosettvatten+KAK biogas:** Vakuumsystem har inte använts i någon omfattning i Sverige, bland annat på grund av oron för buller i trapphus och mellan lägenheter och på grund av oro för ökade problem med stopp. De fastigheter som installerat vakuumtoaletter är bland annat Tegelvikens skola i Eskilstuna kommun. Där uppger vaktmästaren att problemen med stopp inte är större än i andra skolor. På Rica Hotel Kungsgatan i PUB-huset i Stockholm finns ett vakuumsystem installerat. Det finns ingen statistik över hotellgästernas synpunkter på vakuumsystemet, men anställda vid receptionen uppfattar att många hotellgäster inte märker någon skillnad jämfört med ett konventionellt system. Om hotellet är fullbelagt kan spilljudet från stammarna upplevas som störande.

Mer frekventa stopp i ledningar kan också skapa otrygghet. För att möta oro bland boende kan toaletterna exempelvis förevisas i visningslokaler.

Det kan uppfattas som osäkert ifall god kvalitet uppnås vid sammanblandning av klosettvatten och KAK-material men det kan också ses som positivt ifall restprodukten uppvisar god kvalitet och kommer till användning.

2.2 Säkerhet	Betyg
1. Påse biogas	3
2. KAK avlopp	3
3. KAK biogas	3
4. Urinsortering & fekalier+KAK biogas	2
5. Klosettsortering & klosettvatten+KAK biogas	3

### 1.3 Miljöpåverkan från emissioner

#### 1.3.1 Klimatpåverkan - utsläpp av koldioxidekvivalenter till luft

Betyg sattes enligt följande:

Betyg 3: Systemalternativ 1 (basfallet), samt alternativ som har utsläpp < 12.5 % högre eller lägre än detta.

Betyg 2 och 4: Systemalternativ som har utsläpp 12.5-37.5 % högre eller lägre än basfallet.

Betyg 1 och 5: Systemalternativ som har utsläpp > 37.5 % högre eller lägre än basfallet.

Beräkningar av koldioxidutsläpp från energianvändningen ger utsläpp mellan 273 och 309 ton per år. Samtliga alternativ är inom +/- 12,5 % avvikelse från alternativ 1 varför samtliga alternativ får betyg 3.

#### 1.3.2 Övergödning - utsläpp av fosfor och kväve till vatten

Övergödningen beräknas som potentiell syreförbrukning och är en viktning av utsläpp till vatten av fosfor och kväve, där fosfor har vikt 140 och nitratkväve har vikt 4,4.

Betyg sattes på samma sätt som beträffande 'Klimatpåverkan'.

3.2 Övergödning	ton O <sub>2</sub> /år	Betyg
1. Påse biogas	268	3
2. KAK avlopp	283	3
3. KAK biogas	270	3
4. Urinsortering & fekalier+KAK biogas	60	5
5. Klosettsortering & klosettatten+KAK biogas	199	4

#### 1.3.3 Giftfri miljö - utsläpp av kadmium till mark

Betygen baseras på hur stor andel av kadmium, från hushåll och arbetsplatser + kadmium i kompensatoriskt tillförd handelsgödsel (i det alternativ som tillför mest - Systemalternativ 1), som återföres till jordbruksmark respektive energigröda.

Betyg 1: 81-100 %

Betyg 2: 61-80 %

Betyg 3: 41-60 %

Betyg 4: 21-40 %

Betyg 5: 0-20%

Slutbetyget beräknas som en sammanvägning av betygen för jordbruksgröda (70% vikt) respektive energiskog (30% vikt).

<b>3.3 Giftfri miljö – kadmium till mark</b>	J-gröda, g/år (betyg)	E-skog, g/år (betyg)	Betyg
1. Påse biogas	75 (4)	196 (2)	3,4
2. KAK avlopp	70 (4)	203 (2)	3,4
3. KAK biogas	76 (4)	197 (2)	3,4
4. Urinsortering & fekalier+KAK biogas	48 (5)	224 (2)	4,1
5. Klosettsortering & klosettatten+KAK biogas	50 (5)	222 (2)	4,1

### 1.3.4 Giftfri miljö - läkemedelsrester till vatten

Detta kriterium har värderats kvalitativt. Betygsättningen speglas av hur den våta fraktionen från toalettavfallet behandlas. Om det sker slutna tankar får detta alternativ bättre betyg än om löst fekalievatten leds till ett avloppsreningsystem.

<b>3.4 Giftfri miljö – läkemedelsrester till vatten.</b>	Betyg
1. Påse biogas	3
2. KAK avlopp	3
3. KAK biogas	3
4. Urinsortering & fekalier+KAK biogas	5
5. Klosettsortering & klosettatten+KAK biogas	4

## 1.4 Resursutnyttjande

### 1.4.1 Återföring av fosfor till produktiv mark

Betygen baseras på hur stor andel av den tillgängliga fosfor som kan återföras till jordbruksmark respektive energigröda.

Betyg 1: 0-20 %

Betyg 2: 21-40 %

Oktober 2012

Betyg 3: 41-60 %

Betyg 4: 61-80 %

Betyg 5: 81-100%

Slutbetyget beräknas som en sammanvägning av betygen för jordbruksgröda (70% vikt) respektive energiskog (30% vikt).

<b>4.1 Återföring av fosfor</b>	J-gröda, ton/år (betyg)	E-gröda, ton/år (betyg)	Betyg
1. Påse biogas	0,2 (1)	7,7 (4)	2,2
2. KAK avlopp	0,5 (1)	8,1 (4)	2,2
3. KAK biogas	0,0 (1)	7,7 (4)	2,2
4. Urinsortering & fekalier+KAK biogas	5,8 (5)	2,6 (2)	3,4
5. Klosettsortering & klosettvatten+KAK biogas	5,6 (5)	2,8 (2)	3,4

## 1.4.2 Användning och produktion av energibärare

Betygen baseras på nettoanvändningen av primärenergi. Att värdena är negativa i nedanstående tabell beror på att användningen i samtliga fall är större än produktionen.

Betyg 3: Systemalternativ 1 (basfallet), samt alternativ som är < 12.5 % sämre eller bättre än detta

Betyg 2 och 4: Systemalternativ som är 12.5-37.5 % sämre eller bättre än basfallet

Betyg 1 och 5: Systemalternativ som är > 37.5 % sämre eller bättre än basfallet.

<b>4.2 Användning och produktion av energibärare</b>	MWh/år	Betyg
1. Påse biogas	-1008	3
2. KAK avlopp	-1203	2
3. KAK biogas	-962	3
4. Urinsortering & fekalier+KAK biogas	-371	5
5. Klosettsortering & klosettvatten+KAK biogas	-782	4



### 1.4.3 Ytanvändning

Här gjordes en direkt bedömning av EVAA-gruppen vid sittande bord. Bedömning gjordes av behovet av ytor framförallt i närheten av husen i form av insamlingsställen och uppsamlingstankar.

4.3 Ytanvändning	Betyg
1. Påse biogas	3
2. KAK avlopp	4
3. KAK biogas	2
4. Urinsortering & fekalier+KAK biogas	1
5. Klosettsortering & klosettatten+KAK biogas	2

## 1.5 Hälsa och hygien

### 1.5.1 Smittspridning

Undvikande av smittspridning är en central aspekt på VA- och avfallssystem. I detta projekt har inte alternativen betygsatts utan vi har utgått från att alla studerade system klarar samhällets krav.

### 1.5.2 Lukt

I detta kriterium bedöms i vilken mån lukt kan uppstå från de olika alternativen.

**1. Påse biogas:** i Konventionella avloppshantering uppstår lukt på väl definierade ställen såsom pumpstationer och reningsverk. Utöver detta undviks lukt på andra ställen i samhället. Insamling av organisakt avfall i påse leder till viss lukt såväl i köket och i uppsamlingskärlet.

**2. KAK avlopp:** Införandet av avfallskvarnar medför fördelar ur luktsynpunkt. Den lukt som annars uppstår runt insamlingen av matavfall undviks helt utan att för den skull öka luktproblemen från avloppssystemet.

**3. KAK biogas:** Avfallskvarnar med tank minskar risken för lukt från insamlingen av matavfall även om viss lukt kommer att uppstå i uppsamlingstankarna och vid tömning av desamma. Avloppssystemet har bara viss lukt vid väl definierade ställen.

**4. Urinsortering & fekalier+KAK biogas:** Urinsorteringen kan leda till viss lukt vid toaletterna och vid uppsamlingstankar och vid tömning av desamma. Matavfallet mals ner och leds till tank.

**5. Klosettsortering & klosettatten+KAK biogas:** Vakuumsystemen som transporterar klosettattnet medför ingen lukt lokalt. Insamling av ,matavfall i tank kommer att leda till viss lukt vid tömning.

5.2 Lukt	Betyg

Oktober 2012

1. Påse biogas	3
2. KAK avlopp	5
3. KAK biogas	4
4. Urinsortering & fekalier+KAK biogas	4
5. Klosettsortering & klosettatten+KAK biogas	4

### 1.5.3 Buller

I detta kriterium bedöms i vilken mån buller kan uppstå i form av hushållsnära buller från de olika alternativen.

**1. Påse biogas:** i Konventionella avloppshantering innehåller minimalt med buller. Insamling av organiskt avfall innehåller bullrande transporter med sopbilar för att hämta kärl.

**2. KAK avlopp:** Införandet av avfallskvarnar medför ett momentant buller i köket när kvarnen körs. Å andra sidan behövs inte de bullrande sopbilarna eftersom inga kärl för matavfall skall tömmas.

**3. KAK biogas:** Avfallskvarnar med tank medför att tömningarna av kärl ersätts med slamsugbil. Tarnsporterna kan beräknas vara lika bullrande. Avfallskvarnar medför ett momentant buller i köket när kvarnen körs.

**4. Urinsortering & fekalier+KAK biogas:** Urin- och matavfallstankar måste tömmas (dock med låg frekvens) vilket genererar buller. Avfallskvarnar medför ett momentant buller i köket när kvarnen körs.

**5. Klosettsortering & klosettatten+KAK biogas:** Vakuumsystemen som transporterar klosettattnet är ett system kommer att leda till en del buller. Tömning av tankar kommer också leda till en del buller.

5.3 Buller	Betyg
1. Påse biogas	4
2. KAK avlopp	3
3. KAK biogas	2
4. Urinsortering & fekalier+KAK biogas	2
5. Klosettsortering & klosettatten+KAK biogas	2

## 1.5.4 Arbetsmiljö

I detta kriterium bedöms arbetsmiljön hos de professionella driftorganisationerna för driften av alternativen.

**1. Påse biogas:** i Konventionella avloppshantering är arbetsmiljön normalt sett god. Insamling av organiskt avfall är ett moment där arbetsmiljön kan vara ohälsosam på grund tunga kärl och lukt.

**2. KAK avlopp:** Införandet av avfallskvarnar medför att arbetsmiljön förbättras totalt sett eftersom insamlingen av matavfall i påse försvinner. Dock kan nya arbetsmoment uppstå för drift och underhåll av kvarnen. Här kan dock arbetsmiljön förväntas bli god.

**3. KAK biogas:** Alternativet förväntas ha en god arbetsmiljö. Positivt att insamlingen av matavfall försvinner.

**4. Urinsortering & fekalier+KAK biogas:** Arbetsmoment för drift av urinsorterande systemet i toaletterna leder till illaluktande och oattraktiva arbetsmoment. Gynnsamt ur arbetsmiljösynpunkt att matavfallet går via kvarn och inte behöver samlas upp i påsar.

**5. Klosettsortering & klosettatten+KAK biogas:** Klosettattensystemet kan komma att kräva drifts- och underhållsarbete med dålig arbetsmiljö. Gynnsamt ur arbetsmiljösynpunkt att matavfallet går via kvarn och inte behöver samlas upp i påsar.

5.4 Arbetsmiljö	Betyg
1. Påse biogas	2
2. KAK avlopp	5
3. KAK biogas	4
4. Urinsortering & fekalier+KAK biogas	3
5. Klosettsortering & klosettatten+KAK biogas	3

## MULTIKRITERIEANALYS

Viktningen skedde i två steg på två möten med EVAA-gruppen. Först bestämdes vikterna för kriteriekategorierna: Organisation och teknisk funktion (20%), Brukaraspekter (10%), Miljöpåverkan från emissioner (30%), Resursutnyttjande (30%), Hälsa och hygien (10%). Därefter bestämdes vikterna för underkriterierna. Produkten av kategorins vikt gånger det enskilda kriteriets vikt är angivet som procent i andra kolumnen.

Längst till höger anges de viktade betygen och längst ner summeras de viktade betygen och ger ett medelbetyg. Utfallet blev att alternativ 4 "Urinsortering" fick bäst betyg (3,60), följt av alternativ 5 "Klosettatten" (3,58), alternativ 3 "KAK till tank" (3,07), alternativ 1 "KAK biogas" (3,00) och sist alternativ 2 "KAK till spillvatten" (2,96).

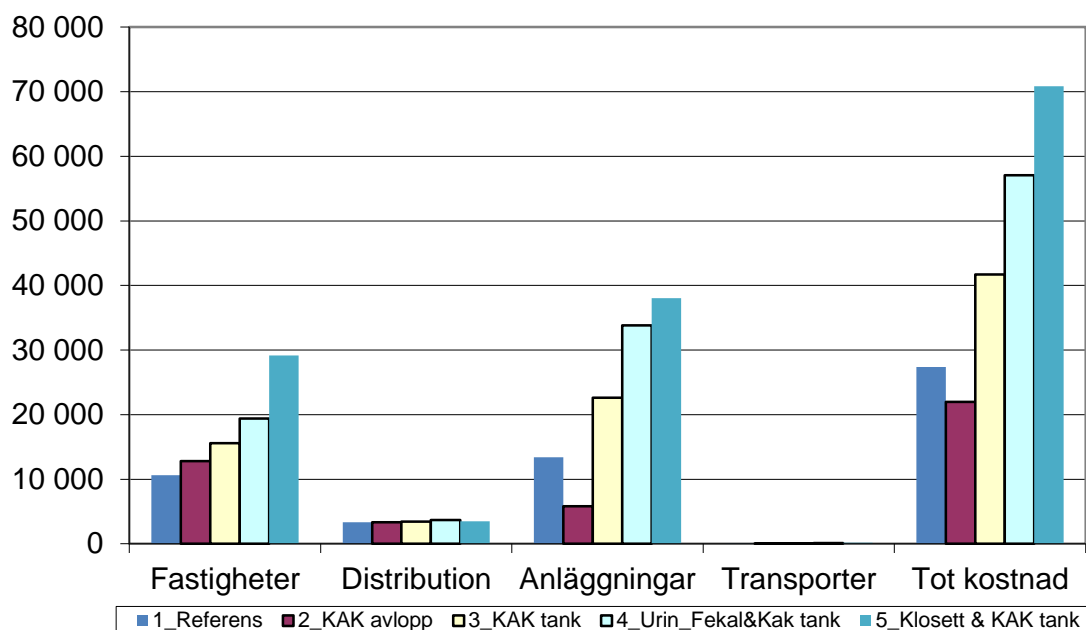
Tabell 2. Sammanställning av multikriterieanalysen

Organisation och teknisk funktion	Rel vikt	1. Påse	2. KAK	3. KAK tank	4. Urin	5. Klosett	1. Påse	2. KAK	3. KAK tank	4. Urin	5. Klosett
<i>Integration – förankring i kommunen och aktör</i>	6,0%	3	3	3	1	2	0,18	0,18	0,18	0,06	0,12
<i>Flexibilitet – anpassningsbarhet till förändrade</i>	4,0%	3	1	3	5	4	0,12	0,04	0,12	0,2	0,16
<i>Sårbarhet för klimatförändringar</i>	4,0%	3	2	3	4	5	0,12	0,08	0,12	0,16	0,2
<i>Driftssäkerhet / Robusthet / Tillförlitlighet</i>	6,0%	4	4	4	2	3	0,24	0,24	0,24	0,12	0,18
<b>Brukaraspekter</b>											
<i>Tydlighet – användning och miljöfördelar</i>	6,0%	3	4	4	4	5	0,18	0,24	0,24	0,24	0,3
<i>Säkerhet – förtroende för tekniken, driftsorgani:</i>	4,0%	3	3	3	2	3	0,12	0,12	0,12	0,08	0,12
<b>Miljöpåverkan från emissioner</b>											
<i>Klimatpåverkan - utsläpp av koldioxid till luft</i>	9,0%	3	3	3	3	3	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
<i>Övergödning - utsläpp av fosfor och kväve till v</i>	9,0%	3	3	3	5	4	0,27	0,27	0,27	0,45	0,36
<i>Giftfri miljö - utsläpp av kadmium till mark</i>	9,0%	3,4	3,4	3,4	4,1	4,1	0,306	0,306	0,306	0,369	0,369
<i>Giftfri miljö - läkemedelsrester till vatten</i>	3,0%	3	3	3	5	4	0,09	0,09	0,09	0,15	0,12
<b>Resursutnyttjande</b>											
<i>Återföring av fosfor till produktiv mark</i>	12,0%	2,2	2,2	2,2	3,4	3,4	0,264	0,264	0,264	0,408	0,408
<i>Användning och produktion av energibärare</i>	15,0%	3	2	3	5	4	0,45	0,3	0,45	0,75	0,6
<i>Ytanvändning</i>	3,0%	3	4	2	1	2	0,09	0,12	0,06	0,03	0,06
<b>Hälsa och hygien</b>											
<i>Smittspridning</i>	0,0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lukt</i>	4,0%	3	5	4	4	4	0,12	0,2	0,16	0,16	0,16
<i>Buller</i>	3,0%	4	3	2	2	2	0,12	0,09	0,06	0,06	0,06
<i>Arbetsmiljö</i>	3,0%	2	5	4	3	3	0,06	0,15	0,12	0,09	0,09
<i>Summa viktad poäng</i>							<b>3,00</b>	<b>2,96</b>	<b>3,07</b>	<b>3,60</b>	<b>3,58</b>

## KOSTNADSANALYS

Indata till kostnadsberäkningarna för systemalternativen har hämtats från systembeskrivningarna med tillhörande massflöden. Investerings- och driftkostnader för systemkomponenterna finns inbyggda i kostnadsmodellen, men kan ändras utifrån aktuella förhållanden. Modellens kostnadsdata kan användas när egna aktuella uppgifter inte finns. Kostnadsmodellen har kalibrerats för befintligt system i Göteborg med avseende på systemkomponenter som redan används (Göteborgs Stad, 2007). Modellen har även uppdaterats avseende kostnader 2010-2011. I huvudkalkylen beräknas årskostnader baserade på komponenternas avskrivningstid/tekniska livslängd. Årskostnadsverktyget har använts för att beräkna alla årskostnader med hänsyn till kalkylränta (som åsatts värdet 3 %), varierande avskrivningstider samt övriga gemensamma grunduppgifter. Resultaten från kostnadsberäkningarna redovisas i sammanfattande diagram nedan.

Figur 1 redovisar en sammanfattning av resultaten från kostnads kalkylen. I Bilaga 1 redovisas kostnaderna för varje systemalternativ uppdelade på systemkomponenter samt på investering och drift.



Figur 1. Total årskostnad (tkr) för de olika alternativen.

Kostnaderna fördelade på fastighet, distribution och anläggningar visar att fastigheter, d v s systemen för att hantera näringsrika flöden åtskilda från näringsfattiga flöden inom fastigheterna, och anläggningar, d v s avloppsreningsverk samt rötnings- och komposteringsanläggningar, står för merparten av kostnaden. Det är viktigt att komma ihåg att redovisade kostnader avser integrerade systemlösningar för spillvatten och organiskt avfall, som i konventionella system hanteras åtskilda genom separata taxor för VA respektive avfallshantering. Transporter från fastigheterna till anläggningarna med sopbil eller lastbil samt transporter från anläggningarna till åkermark visar sig medföra små kostnader jämfört med övriga kostnader.

### DISKUSSION OCH SLUTSATSER

Vi har analyserat systemalternativen på två olika sätt: 1) genom multikriterieanalys där alla uthållighetskriterier har ingått förutom kostnader och 2) kostnadsanalys. Vid utvärdering med multikriterieanalys rangordnas alternativen enligt följande:

6. Urinsortering & fekalier+KAK biogas (alternativ 4)
7. Klosettsortering & klosettwater+KAK biogas (alternativ 5)
8. KAK biogas (alternativ 3)
9. Påse biogas alternativ 1)
10. KAK avlopp (alternativ 2)

Vid utvärdering med kostnadsanalys rangordnas alternativen enligt följande:

6. KAK avlopp (alternativ 2)
7. Påse biogas (alternativ 1)
8. KAK biogas (alternativ 3)
9. Urinsortering & fekalier+KAK biogas (alternativ 4)
10. Klosettsortering & klosettwater+KAK biogas (alternativ 5)

Rangordningen för multikriterieanalys och kostnader står helt i motsats till varandra. I det första fallet är urinsorteringsalternativet (alt 4) bäst, följt av klosettwater-sorteringsalternativet (alt 5). Ser man på kostnaderna är det KAK till ledning som är billigast följt av "Påse biogas". Kostnaderna för alternativen 4 och 5 är väldigt höga i jämförelse beroende på höga investeringskostnader på fastigheten, uppsamlingstankar och behandlingsanläggningar. Multikriterieanalysen representerar en helhetssyn och rekommenderas vara vägledande som beslutsunderlag om kostnaderna är rimliga.

Utfallet av kostnadsanalysen visar att kostnaderna för alternativ 4 och 5 inte är rimliga men vi ser tydligt att det finns optimeringspotential för dessa alternativ. Vi rekommenderar därför att EVAA-gruppen går vidare med alternativ 4 och 5 och prövar att kostnadsoptimera dessa alternativ och samtidigt kontrollera att denna optimering inte är på bekostnad av sämre uthållighet enligt multikriterieanalysen.

Oktober 2012

## BILAGA 1: RESULTAT AV BERÄKNINGAR

Substansflödesanalys för bassystemet					
	S1	S2	S3	S4	S5
<b>P (ton år<sup>-1</sup>)</b>					
Totalt från hushåll & arbetsplatser	8,46	8,51	8,51	8,51	8,51
Rötrest t. jordbruksmark	0,21	0	0,46	5,80	5,63
Slam t. Salix odling	7,65	8,14	7,70	2,59	2,76
Slagg och aska t. deponi	0,25	0	0	0	0
Utsläpp t. recipient	0,34	0,36	0,34	0,12	0,12
Kontroll	8,46	8,51	8,51	8,51	8,51
<b>N (ton år<sup>-1</sup>)</b>					
Totalt från hushåll & arbetsplatser	57,0	57,3	57,3	57,3	57,3
Rötrest t. jordbruksmark	1,9	0	2,7	46,5	12,4
Slam t. Salix odling	3,6	4,0	3,7	2,1	2,3
Slagg och aska t. deponi	0,8	0	0	0	0
Utsläpp t. recipient	11,3	11,9	11,4	2,2	9,3
Kontroll	17,6	15,9	17,7	50,9	24,0
<b>Cd (g år<sup>-1</sup>)</b>					
Totalt från hushåll & arbetsplatser	217	217	217	217	217
Rötrest t. jordbruksmark	8	0	12	48	48
Slam t. Salix odling	190	203	192	157	158
Slagg och aska t. deponi	5	0	0	0	0
Utsläpp t. recipient	13	14	13	11	11
Kontroll	217	217	217	217	217

Omsättning av energibärare i bassystemet					Primärenergifaktorer:															
					EI	2,2	Börjesson (2006, p 5)	1,6												
					Värme	0,8	Göteborgs stad (2007)	0,3												
					<b>Primärenergi</b>					<b>Primärenergi</b>										
					<b>MWh år<sup>-1</sup></b>					<b>MWh år<sup>-1</sup></b>					<b>MWh år<sup>-1</sup></b>					
					Bioogas EI Bränsle Värme					Bioogas EI Bränsle Värme					Prod Anv					
S1	Hushåll																			
	ARV	809	-567							809	-1248				809	-1248				
	Biogasanl.	282	-23	-20	-10					282	-52	-20	-8		282	-80				
	Uppgradering		-66								-144					-144				
	Transporter			-23								-23					-23			
S2	Hushåll		-38								-84					-84				
	ARV	1033	-626							1033	-1377				1033	-1377				
	Biogasanl.	0	0	0	0					0	0	0	0		0	0				
	Uppgradering		-62								-136					-136				
	Transporter			-16								-16					-16			
S3	Hushåll		-38								-84					-84				
	ARV	828	-575							828	-1265				828	-1265				
	Biogasanl.	471	-26	0	-45					471	-57	0	-36		471	-93				
	Uppgradering		-78								-172					-172				
	Transporter			-56								-56					-56			
S4	Hushåll		-38								-84					-84				
	ARV	482	-334							482	-735				482	-735				
	Biogasanl.	932	-70	0	-123					932	-155	0	-98		932	-253				
	Uppgradering		-85								-187					-187				
	Transporter			-464								-464					-464			
S5	Hushåll		-56								-123					-123				
	ARV	509	-443							509	-974				509	-974				
	Biogasanl.	932	-87	0	-152					932	-192	0	-122		932	-313				
	Uppgradering		-86								-190					-190				
	Transporter			-134								-134					-134			
	Summering, energi	Bioogas	EI	Bränsle	Värme					Bioogas	EI	Bränsle	Värme		Prod	Anv	Netto b	Kompl	Netto bk	
S1		1092	-656	-43	-10					1092	-1444	-43	-8		1092	-1495	-403	-605	-1008	
S2		1033	-726	-16	0					1033	-1597	-16	0		1033	-1614	-581	-622	-1203	
S3		1299	-717	-56	-45					1299	-1577	-56	-36		1299	-1668	-370	-593	-962	
S4		1414	-527	-464	-123					1414	-1160	-464	-98		1414	-1723	-309	-62	-371	
S5		1440	-672	-134	-152					1440	-1479	-134	-122		1440	-1735	-295	-488	-782	

# Multikriterieanalys för integrerade systemlösningar i H+ området

Oktober 2012

Kompensatorisk tillförsel av handelsgödsel						Cd i handelsgödsel	$mg (kg P)^{-1}$	12	Yara (2012)			
Underskott i 'Rötrest t. jordbruksmark' (9a)						Kadmiumtillskott t. jordbruksmark						
		S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	
P	ton $\text{\AA r}^{-1}$	-5,6	-5,8	-5,3	0,0	-0,2	g $\text{\AA r}^{-1}$	67	70	64	0	2
N	ton $\text{\AA r}^{-1}$	-44,6	-46,5	-43,9	0,0	-34,2						
Underskott i 'Slam t. Salix odling' (9b)						Kadmiumtillskott t. Salix odling						
		S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	
P	ton $\text{\AA r}^{-1}$	-0,5	0,0	-0,4	-5,6	-5,4	g $\text{\AA r}^{-1}$	6	0	5	67	65
N	ton $\text{\AA r}^{-1}$	-0,4	0,0	-0,3	-1,9	-1,8						
Summa: Kompensatoriskt behov av handelsgödsel						Summa: Kadmiumtillskott						
		S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	
P	ton $\text{\AA r}^{-1}$	-6,1	-5,8	-5,8	-5,6	-5,6	g $\text{\AA r}^{-1}$	73	70	69	67	67
N	ton $\text{\AA r}^{-1}$	-45,0	-46,5	-44,2	-1,9	-35,9						
Energianvändning vid handelsgödselproduktion												
P, primär	$kWh (kg P)^{-1}$	6,9	Börjesson (2006, p 6)									
N, primär	$kWh (kg N)^{-1}$	12,5	Börjesson (2006, p 6)									
Energianvändning för kompensatorisk handelsgödselproduktion												
		S1	S2	S3	S4	S5						
Primär	$MWh \text{\AA r}^{-1}$	-605	-622	-593	-62	-488						

		Bas								
		ton $\text{\AA r}^{-1}$								
		El	Bränsle	Naturgas						
<b>S1</b>										
Hushåll		0								
ARV		113								
Biogasanl.		5	6	2						
Uppgradering		13								
Transporter			6							
<b>S2</b>		El	Bränsle	Naturgas						
Hushåll		8								
ARV		125								
Biogasanl.		0	0	0						
Uppgradering		12								
Transporter			5							
<b>S3</b>		El	Bränsle	Naturgas						
Hushåll		8								
ARV		115								
Biogasanl.		5	0	8						
Uppgradering		16								
Transporter			16							
<b>S4</b>		El	Bränsle	Naturgas						
Hushåll		8								
ARV		67								
Biogasanl.		14	0	22						
Uppgradering		17								
Transporter			132							
<b>S5</b>		El	Bränsle	Naturgas						
Hushåll		11								
ARV		89								
Biogasanl.		17	0	27						
Uppgradering		17								
Transporter			38							
<b>Summering, koldioxid</b>		El	Bränsle	Naturgas	S:a b	Komp	S:a bk			
<b>S1</b>		131	12	2	145	136	281			
<b>S2</b>		145	5	0	150	140	289			
<b>S3</b>		143	16	8	167	133	300			
<b>S4</b>		105	132	22	259	14	273			
<b>S5</b>		134	38	27	200	109	309			



# Multikriterieanalys för integrerade systemlösningar i H+ området

Oktober 2012

Årskostnader																
Kapitalkostnader och drift/underhållskostnad																
Komponent	Enhet	1 Referens			2 KAK avlopp			3 KAK tank			4 Urin_Fekal&Kak tank			5 Klosett & KAK tank		
		Kapital- kostnad tSEK	Drift/ underhåll tSEK	Årlig totalkostn ad tSEK	Kapital- kostnad tSEK	Drift/ underhåll tSEK	Årlig totalkostn ad tSEK	Kapital- kostnad tSEK	Drift/ underhåll tSEK	Årlig totalkost nad tSEK	Kapital- kostnad tSEK	Drift/ underhåll tSEK	Årlig totalkostn ad tSEK	Kapital- kostnad tSEK	Drift/ underhåll tSEK	Årlig totalkostn ad tSEK
Fastigheter	30	7 621	2 988	10 609	9 190	3 603	12 793	11 198	4 390	15 588	13 388	5 252	18 650	20 925	8 203	29 128
Transporter från fastigheter	15	16	10	26	0	0	0	72	40	112	240	140	379	113	72	185
Ledningsnät	50	1 943	1 000	2 943	1 943	1 000	2 943	1 943	1 000	2 943	1 943	1 000	2 943	1 943	1 000	2 943
Pumpstationer	25	129	250	379	129	250	379	129	250	379	129	250	379	129	250	379
Dagvattenanläggningar	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Konventionell rening	30	1 697	2 790	4 487	1 710	2 820	4 530	1 707	2 810	4 517	1 657	2 730	4 387	1 616	2 660	4 276
Kväverening	50	285	1 015	1 300	285	1 015	1 300	285	1 015	1 300	0	0	0	0	0	0
Rötning och slamhantering	30	782	6 830	7 612	0	0	0	2 362	14 430	16 792	4 948	23 780	28 728	6 275	27 494	33 769
Återvinningsprocesser	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Långtidslagring - urin	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	478	246	724	0	0	0
Förbränning	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Deponi	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transporter från anläggningar	15	13	21	33	7	13	20	21	41	62	44	88	132	53	104	157
<b>TOTAL</b>		<b>12 486</b>	<b>14 903</b>	<b>27 389</b>	<b>13 265</b>	<b>8 700</b>	<b>21 965</b>	<b>17 718</b>	<b>23 976</b>	<b>41 694</b>	<b>23 173</b>	<b>33 886</b>	<b>57 059</b>	<b>31 088</b>	<b>39 783</b>	<b>70 870</b>