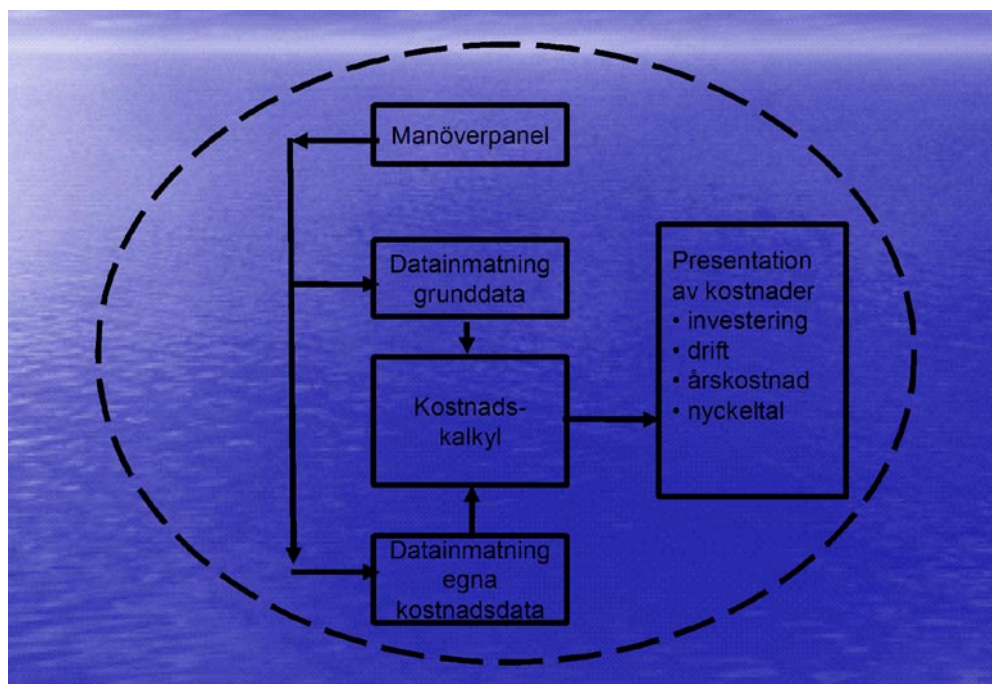


# Kostnadsmodell för strategiska vägval

*Bo Olin*



## VA-Forsk

VA-Forsk är kommunernas eget FoU-program om kommunal VA-teknik. Programmet finansieras i sin helhet av kommunerna, vilket är unikt på så sätt att statliga medel tidigare alltid använts för denna typ av verksamhet. FoU-avgiften är för närvarande 1,05 kronor per kommuninnevånare och år. Avgiften är obligatorisk. Nästan alla kommuner är med i programmet, vilket innebär att budgeten årligen omfattar drygt åtta miljoner kronor.

VA-Forsk initierades gemensamt av Svenska Kommunförbundet och Svenskt Vatten. Verksamheten påbörjades år 1990. Programmet lägger tonvikten på tillämpad forskning och utveckling inom det kommunala VA-området. Projekt bedrivs inom hela det VA-tekniska fältet under huvudrubrikerna:

Dricksvatten  
Ledningsnät  
Avloppsvattenrening  
Ekonomi och organisation  
Utbildning och information

VA-Forsk styrs av en kommitté, som utses av styrelsen för Svenskt Vatten AB. För närvarande har kommittén följande sammansättning:

Anders Lago, ordförande	Södertälje
Olof Bergstedt	Göteborgs VA-verk
Roger Bergström	Svenskt Vatten AB
Daniel Hellström	Stockholm Vatten AB
Stefan Marklund	Luleå
Mikael Medelberg	Roslagsvatten AB
Anders Moritz	Linköping
Peter Stahre	VA-verket Malmö
Jan Söderström	Sv Kommunförbundet
Göran Tägtström	Borlänge
Agneta Åkerberg	Falkenberg
Steinar Nybruket, adjungerad	NORVAR, Norge
Thomas Hellström, sekreterare	Svenskt Vatten AB

Författaren är ensam ansvarig för rapportens innehåll, varför detta ej kan åberopas såsom representerande Svenskt Vattens ståndpunkt.

VA-Forsk  
Svenskt Vatten AB  
Box 47607  
117 94 Stockholm  
Tfn 08-506 002 00  
Fax 08-506 002 10  
svensktvatten@svensktvatten.se  
www.svensktvatten.se

*Svenskt Vatten AB är servicebolag till föreningen Svenskt Vatten.*

<b>Rapportens titel:</b>	Kostnadsmodell för strategiska vägval
<b>Title of the report:</b>	Costing model for strategic planning
<b>Rapportens beteckning Nr i VA-Forsk-serien:</b>	2005-13
<b>Författare:</b>	Bo Olin, Naturekonomihuset AB
<b>Modellutvecklare:</b>	Bo Olin, Naturekonomihuset AB; Henrik Kant, Göteborgs VA-verk; José-Ignacio Ramirez, SWEKO-VIAK
<b>VA-Forsk-projektnr:</b>	23-104
<b>Projektets namn:</b>	Ekonomiska kalkyler för avloppssystem
<b>Projektets finansiering:</b>	VA-Forsk, MISTRA-programmet Urban Water
<b>Rapportens omfattning Sidantal: Format:</b>	55 A4
<b>Sökord:</b>	Ekonomi, kostnadskalkylering, strategiska vägval, parametrisk modellering, urbana VA-system, beslutsstöd
<b>Keywords:</b>	Cost calculation, strategic planning, parametric costing, urban water, sewage systems, decision support
<b>Sammandrag:</b>	Rapporten beskriver utvecklingsprocessen för ett ekonomiskt verktyg i Urban Water verktygslåda. Modell och handledning bifogas.
<b>Abstract:</b>	The report describes the development process of a cost calculation tool in the Urban Water toolbox. The model and documentation are enclosed.
<b>Målgrupper:</b>	VA-chefer, långsiktsplanerare på kommunal och regional nivå, konsulter inom VA och strategisk planering, nationella VA-instanser
<b>Omslagsbild:</b>	Figur över modellstruktur med bakgrundsbild ocean.ppt. Figur av Bo Olin
<b>Rapporten beställs från:</b>	Finns att hämta hem som pdf-fil från Svenskt Vattens hemsida <a href="http://www.svensktvatten.se">www.svensktvatten.se</a>
<b>Utgivningsår:</b>	2005
<b>Utgivare:</b>	Svenskt Vatten AB © Svenskt Vatten AB

## Förord

Denna rapport ska ses som ett komplement till den Kostnadsmodell i MS Excel medHandledning, som avlevereras samtidigt med rapporten. Detta leveranspaket riktar sig till ansvariga inom VA-sektorn på central nivå, som hoppas att Sverige även i framtiden ska ligga långt framme vad avser urbana VA-system. Vi hoppas att kostnadsmodellen ska bli en viktig pusselbit när de olika aspekterna på hållbara VA-system skall utvärderas, integreras och bedömas ute i de svenska kommunerna. Men för att detta ska bli verklighet behövs en central instans som åtar sig ansvaret för att förvalta, underhålla och vidareutveckla modellerna. Modellerna måste utvecklas i takt med teknisk utveckling, nya lagar och miljövillkor, marknadsförutsättningar, organisationsförändringar osv.

Ett stort tack riktas till modellstadsansvariga Erik Kärrman, Daniel Hellström och Gilbert Svensson samt VA-tjänstemän i modellstäderna. Ett tack också till Marianne Löwgren och Mattias Hjerpe vid Tema Vatten vid Linköpings universitet för givande diskussioner. Per-Arne Malmqvist har varit till ovärderlig hjälp genom att på ett utomordentligt sätt ha lotsat mig in i Urban Waters forskningsvärld. Projektet har genomförts med finansiering av MISTRA-programmet "Sustainable Urban Water Management" och VA-Forsk.

Stockholm, december 2004

Bo Olin



# Innehåll

<b>Förord</b> .....	<b>3</b>
<b>Sammanfattning</b> .....	<b>7</b>
<b>Summary</b> .....	<b>8</b>
<b>1 Bakgrund</b> .....	<b>9</b>
<b>2 Syfte, avgränsningar och disposition</b> .....	<b>9</b>
<b>3 Utgångspunkter</b> .....	<b>10</b>
3.1 Urbana VA-systems ekonomi.....	10
3.1.1 Tunga investeringar .....	10
3.1.2 Lång livslängd.....	10
3.1.3 Skalfördelar.....	11
3.1.4 Trögrörliga infrasystem.....	11
3.1.5 "Politiska" intäkter.....	11
3.1.6 Sammanfattning.....	12
3.2 Strategiska vägval.....	12
3.3 Val av investeringskalkyl .....	13
<b>4 Sammanfattande preliminär kravspecifikation</b> .....	<b>13</b>
<b>5 Val av kalkylmetod</b> .....	<b>14</b>
5.1 Tillgängliga metoder för tidiga, översiktliga kalkyler.....	14
5.2 Den parametriska kalkylmetoden.....	15
<b>6 Skiss på en tentativ modell för modellstadsarbetet</b> .....	<b>16</b>
<b>7 Modellstadsarbetet</b> .....	<b>16</b>
7.1 Modellstäder.....	16
7.2 Modellbygge .....	18
7.3 Lärdomar och erfarenheter .....	18
7.3.1 Varje kostnadsjämförelse är unik .....	18
7.3.2 Lokala avvikelser finns alltid .....	19
7.3.3 Nya processer och tekniker .....	19
7.3.4 Skillnader mellan teoretiska värden och faktiska värden .....	19
7.3.5 Befintliga systems inverkan på alternativen .....	19
7.4 Utökad kravspecifikation.....	19
<b>8 Den färdiga modellen</b> .....	<b>20</b>
<b>9 Begränsningar och Utvecklingsmöjligheter</b> .....	<b>22</b>
9.1 Förbättring av kostnadsparametrarna .....	22
9.2 Intäktssidan.....	22
<b>10 Slutsatser och Rekommendationer</b> .....	<b>23</b>
<b>Referenser</b> .....	<b>24</b>

Bilaga A: Handledning för ekonomiskt verktyg/kostnadsmodell.....	28
Bilaga B: Kostnadsmodell (se separat Excelfil).....	55

## Sammanfattning

En av de viktigaste arbetsuppgifterna inom Urban Water är att skapa en verktygslåda för strategiska beslut rörande hållbara VA-system. Verktygslådan ska innehålla specifika verktyg för de fem aspekter på hållbar utveckling som är ledstjärnor i alla Urban Waters aktiviteter, nämligen hälsa/hygien, miljö, ekonomi, socio-kultur och teknisk funktion. Dessutom skall verktygslådan innehålla verktyg som kan stödja de beslutsprocesser som behövs för att integrera de specifika resultaten till en helhetsbedömning avseende hållbarheten.

Utvecklingen av ekonomiverktyget har skett i två steg. Första steget avsåg en kostnadsjämförelse mellan två systemstrukturer i Hammarby sjöstad och färdigställdes under år 2000. Andra steget startade i början av år 2003 och fyra modellstäder har varit involverade, nämligen Surahammar, Hammarby Sjöstad, Vasastan (Göteborg) och Uppsala. Projektet har utvecklat en kalkylmodell skriven i MS Excel samt en handledning till denna modell (se bilaga A och B). Denna rapport ska ses som en studie av utvecklingsprocessen för denna kostnadsmodell.

Syftet med denna rapport är att belysa och diskutera varför modellen har blivit sådan som den ser ut idag. Vi tar upp frågeställningar kring metodval, data, komponenter, jämförelser m.m., som har kommit upp och som är av principiellt intresse.

I en inledande analys konstaterar vi att VA-systemens ekonomi karakteriseras av tunga investeringar, lång livslängd och skalfördelar, vilka alla är faktorer som gör systemen trögrörliga mot radikala förändringar. Mot bakgrund av vårt ovan förda resonemang måste vi då fråga oss vilka typer av kalkyler som planerare och beslutsfattare inom VA-området kommer att behöva de närmaste åren. Största behovet finns avseende marginella förändringar inom det befintliga systemets ram. Större och mindre nybyggnader kan bli aktuella inom befintliga totalsystem.

Vi beskriver därefter på vilka grunder vi kommer fram till den parametriska kostnadsmodellen som förebild för vårt verktyg. Den är enkel för användaren, har en låg detaljeringsnivå och bygger upp kostnadssamband utifrån historiska data, analogier eller prototyper.

I modellstadsarbetet bygger vi upp modellen, applicerar den på de systemstrukturer som är specificerade och testar den. Detta leder fram till en kravspecifikation på mer generell modell, som vi sedan utvecklar och testar i den sista modellstaden Uppsala.

En parametrisk kostnadsmodell föreligger med begränsningar och utvecklingsmöjligheter. Kostnadsmodellen är till för att användas, och det är användningen som är bästa testen på om den är bra. Med säkerhet kan sägas att modellen inte är färdigutvecklad utan ska ses som levande produkt, som hela tiden måste underhållas, uppdateras och vidareutvecklas. Vi har pekat på några områden där forsknings- och utvecklingsinsatser skulle kunna höja kvaliteten i modellen. För att modellen ska kunna leva vidare behövs en central instans som tar hand om den och förvaltar och underhåller den. Modellerna måste utvecklas i takt med teknisk utveckling, nya lagar och miljövillkor, marknadsförutsättningar, och organisationsförändringar.



## Summary

One of the most important tasks for the Urban Water program has been the creation of a toolbox for strategic decisions regarding sustainable urban water systems. The toolbox contains specific tools for those five aspects of sustainable development, which have been beacons for all activities within the program, i.e. health/hygiene, environment, economy, socio-culture and technical function. The toolbox also contains tools for support of the integrating process needed to attain a truly sustainable decision.

The development of the economic tool has been a two step process. The first step developed a model for cost comparison between two system structures for Hammarby sjöstad in 2000. The second step started early 2003 and four model cities has been involved, Surahammar, Hammarby sjöstad (Stockholm), Vasastan (Gothenburg), and Uppsala. The project has built a costing model and a manual (enclosed in this report, see Bilaga A-B). This report is a study of the development process of the model.

The aim of this report is to illuminate and discuss the "why's" behind the present model. Why is it a parametric model? Why are certain system components pre-defined but not others? We discuss fundamental topics of model design.

We start with an introductory analysis of systems economy. The urban water systems are characterized by heavy investments, long lives and economies of scale. Our conclusion is that all of these traits make the systems inert to radical changes from an economic point of view.. The need for cost calculations in such an environment is not so much for completely new systems as for marginal changes within existing systems.

The strategic planning situation – applicable to the Urban Water Toolbox – imply a costing model with a "top-down approach" rather than the traditional detailed "bottom-up approach". Among available "top-down" models we have chosen the parametric estimation method. It is user friendly, it is a rough calculation and it has Cost Estimation Relationships (CERs) based on historical data, analogies or prototypes.

In the model city applications we have designed the model and applied it to the specified systems structures. A new more generalized model is constructed and this model we have applied to the model city of Uppsala.

A parametric costing model is at hand with limitations but also with potential for development. The best way to test the model is to use it. The model is not the final solution, but should be viewed as a living model, the object of continual maintenance, renewal and development. We have pointed out some essential areas of development. We think that it is paramount that a central organization takes care of the model and administrates and maintains it.

# 1 Bakgrund

”Hur ska städernas VA-system se ut i det framtida hållbara Sverige? Kan man utgå från dagens system och förbättra det – eller måste det bli mer radikala förändringar?”

Så lyder den grundläggande forskningsfrågan för Urban Waters fleråriga forskningsprogram. En av de viktigaste arbetsuppgifterna inom Urban Water är att skapa en verktygslåda för strategiska beslut rörande hållbara VA-system. Verktygslådan ska innehålla specifika verktyg för de fem aspekter på hållbar utveckling som är ledstjärnor i alla Urban Waters aktiviteter, nämligen hälsa/hygien, miljö, ekonomi, socio-kultur och teknisk funktion. Dessutom skall verktygslådan innehålla verktyg som kan stödja de beslutsprocesser som behövs för att integrera de specifika resultaten till en helhetsbedömning avseende hållbarheten.

Avsikten är att verktygslådan ska kunna användas av praktiker inom VA-området, främst kommunala fysiska planerare, ansvariga inom VA-verk, tekniska förvaltningar och fastighetsbolag och konsulter. Verktyget skall användas till framför allt strategisk planering avseende vägval mellan hela eller delar av olika tänkbara VA-lösningar. Besluten ska vara strategiska, långsiktiga och systemövergripande.

Verktygslådan har utvecklats och testats i nära samverkan med övriga forskningsprojekt i Urban Waters modellstäder.

En tidig version av kostnadsmodellen utvecklades under år 2000 av José-Ignacio Ramirez, SWECO-VIAK och hade Hammarby Sjöstad som testfall. Modellen finns beskriven i en delrapport (Ramirez 2001). En ekonomimodell för främst investerings- och underhållskalkyl för avloppsledningsnät och tillhörande anläggningar utvecklades för Vasastaden under 2002-2003 (Ahlmán *et al.* 2004). Erfarenheter från Vasastadens ekonomimodell har använts i utvecklingen av ekonomiverktyget.

Den fortsatta utvecklingen av ekonomiverktyget startade i början av 2003 och fyra modellstäder har varit involverade, nämligen Surahammar, Hammarby Sjöstad, Vasastaden (Göteborg) och Uppsala. I detta

projekt har Bo Olin, Naturekonomihuset AB och Henrik Kant, Göteborgs VA-verk varit ansvariga. Projektet har finansierats dels av Urban Waters MISTRA-medel, dels av separat beviljade medel från VA-Forsk. Enligt projektförslaget (Olin 2003) har projektets syfte varit ”att utveckla ett verktyg för att kalkylera kostnader för avloppssystem och att testa detta verktyg i några av Urban Waters modellstäder”. Vidare sägs att verktyget skall användas vid strategiska vägval rörande VA-system i ett tidigt skede av beslutsprocessen. Som exempel på sådana beslutssituationer kan nämnas VA-överväganden i översiktsplaneringen; strategiska miljökonsekvensbeskrivningar, planering av nya bostads- och industriområden och önskvärd renovering av gamla VA-system. Kalkylobjektet ska omfatta avloppssystemet för kommunala VA-verk eller liknande, fastighetsägare och brukare. Utvärdering av olika teoretiska modellansatser skall göras.

Projektet har utvecklat en kalkylmodell (Olin/Kant 2004a) skriven i MS Excel samt en handledning (Olin/Kant 2004b) till denna modell. Dessutom har tre delrapporter (Olin 2004a, 2004b, 2004c) producerats kring arbetet med modellstäderna – Surahammar, Hammarby Sjöstad och Uppsala.

## 2 Syfte, avgränsningar och disposition

Syftet med denna rapport är att belysa och diskutera varför modellen har blivit sådan som den ser ut idag. Vi tar upp frågeställningar kring metodval, data, komponenter, jämförelser mm, som har kommit upp och som är av principiellt intresse.

Vi kommer inte att ge en detaljerad beskrivning av modellen, inte heller att diskutera erhållna resultat från modellstadsarbetet. Detta sker i andra sammanhang.

Rapportdispositionen ser ut på följande sätt: Vi inleder med att belysa och amplifiera utgångspunkterna för projektet med avseende på 1) urbana VA-systems ekonomi, 2) beslutssituationen strategisk planering och långsiktiga systemval och 3) användarnas karaktär. Detta övergår till en diskussion om generella kalkylproblem, om vilka typer av kalkyler

som behöver göras, behov av kalkylprecision, vilka kalkylmetoder är lämpliga, osv. och leder över till den översiktliga kravspecifikation som vi ställde upp för det ekonomiska verktyget.

I följande avsnitt diskuterar vi olika tillgängliga modeller och presenterar vårt första vägval och hur vi konkretiserade denna inriktning mera i detalj i form av en preliminär modell,

Den valda modellen applicerades och testades i modellstäderna. Under arbetets gång har vi förändrat och kompletterat modellen. Detta arbete redovisar vi med belysande exempel från modellstäderna.

Den färdiga modellen beskrivs översiktligt. Begränsningar, styrka och svagheter diskuteras. Modellen som levande väsen med behov av förvaltning och ständig utveckling understryks.

Rapporten avslutas med slutsatser om modellutvecklingen, rekommendationer om modellunderhåll, vidareutveckling och ytterligare forskning.

## 3 Utgångspunkter

### 3.1 Urbana VA-systems ekonomi

Sverige har strax över 2000 kommunala avloppsreningsverk. De behandlar sanitärt spillvatten, dagvatten från kombinerade system, dräneringsvatten och inläckande vatten. Alla de 7,7 miljoner människor som bor i tätorter är anslutna till avloppsreningsverk. Sverige var tidigt ute när det gällde utbyggnad. Den mest intensiva perioden inträffade under det så kallade miljonprogrammets dagar på 1960- och 1970-talen. Avloppsledningsnäten i Sverige har en sammantagen längd på 92 000 km vilket motsvarar drygt 2 varv runt ekvatorn (12 m per ansluten person). Av avloppsnäten utgörs 32 000 km av dagvattenledningar (Svenskt Vatten 2004).

#### 3.1.1 Tunga investeringar

De kommunala investeringarna inom VA-området beräknas ha ett återanskaffningsvärde på mellan 400

och 500 miljarder kronor, varav ledningsnäten svarar för ca 70 % (Svenskt Vatten 2004). Motsvarande VA-investeringar i bostäder och lokaler kan beräknas uppgå till mellan 100 och 200 miljarder kronor för VA-installationer och ledningsnät inom fastighetsgräns.

Som jämförelse kan nämnas att de totala kommunala investeringarna för 2003 uppgick till 24,1 miljarder kronor, varav för vattenförsörjning och avloppshantering 2,1 miljarder kronor (SCB 2003). De är således väldigt **tunga investeringar** som ligger bakom VA-systemen och flertalet är gjorda under andra hälften av 1900-talet.

#### 3.1.2 Lång livslängd

VA-systemen har **lång livslängd** såväl teknisk som ekonomisk. Tagesson (2003) ger en bra bild över rekommenderade avskrivningstider och förväntade ekonomiska livslängder. Svenska kommunförbundets riktlinjer från 1996 för avskrivningstider framgår av nedanstående tabell.

Tabell 3-1. Riktlinjer för avskrivningstider.

Anläggningstillgång	Avskrivningstid
Bergtunnlar	50 år
Vatten- och avloppsledningar, vattenreservoarer	50 år
Vatten- och avloppsreningsverk, pumpstationer	25 år

En enkät bland kommunerna om uppskattad genomsnittlig ekonomisk livslängd visar följande siffror:

Tabell 3-2. Uppskattad genomsnittlig ekonomisk livslängd enl. kommunenkät.

Anläggningstillgång	Medelvärde, år
Bergtunnlar	90
Vattenledningar	64
Avloppsledningar	64
Vattenverk	33
Avloppsreningsverk	31
Pumpstationer	31

Ekonomisk livslängd är ett tänjbart begrepp beroende bl.a. på hur bra man sköter underhåll och

reinvesteringar/förnyelse (åtgärder som man gör för att bibehålla kapaciteten). Livslängden – såväl teknisk som ekonomisk – kan också förlängas genom förbättringar i befintliga processer och kompletteringar inom det befintliga systemets ramar. Det här är en process som hela tiden pågår som en följd av den tekniska utvecklingen. Dessutom har skärpta miljökrav tvingat fram nya processer t.ex. för kväverening i många kommuner. På det här viset sker hela tiden tilläggsinvesteringar inom grundinvesteringarnas ram och adderar till de totala investeringsbeloppen och livslängden.

### 3.1.3 Skalfördelar

VA-systemen karakteriseras av **skalfördelar** (economies of scale) dvs. ett större system har lägre investerings- och driftskostnader per bearbetad m<sup>3</sup> spillvatten än ett mindre system. Det här är självklart ingen naturlag men just för infrasytem verkar det gälla inom vida storleksramar. Flera utredningar har påvisat betydande skalfördelar för VA-system (se bl.a. Bergström *et al.* 1998 s. 15). Skalfördelarna kan ta sig olika uttryck. Det krävs vissa minimivolymer för att biogasproduktion och utvinning av värme skall bli lönsam. Driftskostnader för ARV per pe visar på ett förhållande 1:3 för driftskostnad per pe för Ryaverket i Göteborg jämfört med ett ARV avpassat till Bergsjöns storlek, där Bergsjöns person-ekvivalenter (pe) beräknas motsvara 2,5 % av det totala antalet anslutna till Ryaverket. Samma typ av skalfördelar finns för ledningsnätet så länge nya anslutningar ligger i närheten av nätet. Att ansluta ett nytt näraliggande bostadsområde till ett existerande urbant VA-system påverkar endast marginellt kostnaderna för de centrala anläggningarna och de befintliga ledningsnäten så länge man ligger under kapacitetstaket.

### 3.1.4 Trögrörliga infrasytem

Det finns en gammal ekonomisk sanning som säger att i mycket kapitalintensiva och långlivade system finns det en stor risk att man investerar sig fast i gamla och föråldrade strukturer. Det är svårt att ekonomiskt motivera radikala förändringar i VA-systemstrukturen, så länge som systemet upplevs som ”billigt, bekvämt och pålitligt” (Jonsson *et al.* 2000

s. 4). ”Denna slagkraftiga kombination gör att infrasytemens problematiska egenskaper, sett ur ett miljö- och resursförbrukningsperspektiv, är intimt sammankopplade med deras fördelar. Genom lättheten att använda systemens tjänster bär de på en inneboende tendens till konsumtionsökning, geografisk spridning och växande resursförbrukning” (Jonsson *et al.* 2000 s. 4). För VA-systemets del kan dessa tendenser exemplifieras med att brukarna använder det ”enkla” systemet för fel saker (tops, bindor, lösningsmedel osv.), att anslutning av nya områden inte är något problem så länge som fastighetsägare anser att anslutningsavgifter och taxor är acceptabla, att den pålitliga ”osynligheten” i VA-systemet döljer systemets avigsidor samt att de olika aktörsgруппerna har trygga och bekväma positioner.

I NAVA-rapporten från 1998 (Bergström *et al.* 1998 s. 16) konstaterade vi att ”den etablerade strategin för avloppssystemets utbyggnad i Göteborg framgår av den s.k. LOS-utredningen (Wångsell 1994). Så länge de ekonomiska förutsättningarna föreligger, dvs. anslutningsavgifterna accepteras och betalas, skall allt mer perifera spillvattenproducenter anslutas till det centrala systemet. Något tungt vägande skäl mot anslutning till Ryaverket – så länge ekonomiska förutsättningar finns – är därför svårt att se.” Våra erfarenheter från Urban Waters modellstäder förstärker intrycket att detta är den förhärskande kommunala strategin på VA-området.

### 3.1.5 ”Politiska” intäkter

De **tunga intäktsposterna** i VA-systemet är politiskt beslutade anslutningsavgifter och brukningstaxor utifrån självkostnadsprincipen och som sådana värdelösa från kalkylsynpunkt. De nyttigheter i spillvattnet, som är väsentliga ur andra hållbarhetsaspekter, har dålig marknadskoppling och i vissa fall låg marknadsacceptans. Den intäktspotential som dessa har tas därför tillvara på ett svagt sätt, då incitamenten idag inte är tydliga. På lång sikt kan givetvis dessa förutsättningar förändras t.ex. på grund av höjda energi- och drivmedelspriser och akut fosforbrist.

### 3.1.6 Sammanfattning

Sammanfattningsvis kan vi konstatera att VA-systemens ekonomi karakteriseras av tunga investeringar, lång livslängd och skalfördelar, vilka alla är faktorer som gör systemen trögrörliga mot radikala förändringar. Mot bakgrund av vårt ovan förda resonemang måste vi då fråga oss vilka typer av kalkyler som planerare och beslutsfattare inom VA-området kommer att behöva de närmaste åren. Tabellen nedan är vårt försök att ringa in de mest väsentliga beslutsområdena.

Största behovet finns avseende marginella förändringar inom det befintliga systemets ram. Man måste ta ställning till hur nya bostads- och industriområden skall hanteras. Man måste ta ställning till hur trånga sektorer i ARV skall lösas upp. Man måste ta ställning till om nya tekniker och processer skall installeras. Man måste ta ställning till hur man ska leva upp till nya miljökrav. Att utvärdera helt nya alternativa VA-system i stor skala blir förmodligen aldrig aktuellt inom överskådlig tid i Sverige. Däremot kan större eller mindre nybyggnader bli aktuella inom de marginella förändringarna. I Göteborg pågår dock en så kallad systemstudie som tar ett helhetsgrepp med avstamp i kretsloppsplanen för Göteborg.

Om våra slutsatser är riktiga, måste vi också konstatera att många av de alternativ som utvärderats i Urban Waters modellstäder enbart är forskningsalternativ och att de aldrig hade formulerats ”i skarpt läge” av någon VA-ansvarig inom en kommun.

## 3.2 Strategiska vägval

Beslutssituationen strategiska vägval påverkar också utformningen av det ekonomiska verktyget. Strategiska vägval kännetecknas ofta av policyändringar, långsiktighet, systemövergripande förändringar och/eller nya, betydande investeringar. Ofta sker vägvalen på en högre nivå än det aktuella systemets. På VA-området fattas strategiska beslut i samband med kommunala flerårsplaneringen, översiktsplanering, regional planering, planering enligt Vattendirektivet osv. Strategiska beslut är oftast del av en planeringsprocess. Mindre ofta tvingas de fram av yttre händelser och krissituationer inom själva VA-området. Det senare kan vara fallet när nya miljökrav införs eller när man måste ta ställning till en radikalt ny teknik.

Ur dessa synvinklar bör kalkylmodellen vara enkel, snabb och användarvänlig men samtidigt tillräckligt diskriminerande för att kunna skilja alternativen åt. Den vanliga detaljkalkylen med noggrann nedbrytning och kostnadsuppskattning på lägsta nivå blir i detta sammanhang alltför tids- och kostnadskrävande och alltför komplex. En s.k. ”top-down approach”, där man kalkylerar på högre nivåer är att föredra. ”The ’top-down’ approach does not require the detail of the ’bottom-up’ approach. The analyst can reach an estimate of total costs with little or no difficulty. Using this approach the analyst relates activities conducted in the alternative to similar activities with known costs. The data developed is

Tabell 3-3. Väsentliga beslutsområden vid strategiska vägval för hållbara VA-system.

Typ av kalkyl	Exempel	Relevans
Nybyggnadskalkyl, total	Helt nytt VA-system	Mycket sällsynt
Nybyggnadskalkyl, stor del	Omlokalisering av ARV Nya ledningar t.ex. dagvatten	Sällsynt Kan förekomma
Nybyggnadskalkyl, mindre del	Ny process Nytt område, ledningar Nytt område, anläggningar	Vanligt förekommande Vanligt förekommande Kan förekomma
Expansionskalkyl	Nytt område Process	Vanligt förekommande Vanligt förekommande
Förbättringskalkyl	Modernisering Kapacitetshöjning	Vanligt förekommande Vanligt förekommande
Renoveringskalkyl	Relining av ledningsnät Stambyten i fastigheter	Vanligt förekommande Vanligt förekommande
Underhållskalkyl	Öka livslängd	Vanligt förekommande

empirical and relies upon historical costs” (Cranfield University 2004). För strategiska vägval förefaller denna ”top-down approach” mycket lämplig.

### 3.3 Val av investeringskalkyl

Den normala företagsekonomiska investeringskalkylen syftar till att visa om investeringen är lönsam eller vilken av flera som är mest lönsam. Teoretiskt gör man investeringar som är lönsamma. Vad gäller VA-system har vi tidigare konstaterat att intäktsidan (taxorna för vatten och anslutning) styrs från kostnadssidan. Lönsamheten är således mindre intressant. I stället är det alternativet med de lägsta kostnaderna – ceteris paribus – som oftast blir det utvalda alternativet.

Det finns flera olika beräkningsmetoder i investeringskalkylerna för att normalisera resultaten och göra dem jämförbara. Nedanstående lista visar de vanligaste metoderna (se t.ex. Renck 1972). Flertalet bygger på någon form av diskontering.

#### **Payback-metoden**

Hur lång tid tar det innan företaget får tillbaka de satsade pengarna?

Beslutsregel

Acceptera investeringen om payback-tiden understiger den inom företaget i förväg fastställda högsta godtagbara payback-tiden.

#### **Nuvärdemetoden**

Alla betalningar räknas om till nutidpunktens penningvärde med hjälp av kalkylräntan.

Beslutsregel

En investering är lönsam om dess nuvärde är större än noll.

#### **Internräntemetoden**

Den ränta som ger en investering nuvärdet noll, alltså  $NPV = 0$

Beslutsregel

En investering är lönsam om internräntan överstiger kalkylräntan.

#### **Annuitetsmetoden**

Innebär att investeringsförloppets alla in- och utbetalningar fördelas jämt över investeringens ekonomiska

livslängd i lika stora annuiteter.

Beslutsregel

En investering är lönsam om den ger en positiv annuitet.

Annuitetsmetoden är lämplig att använda vid val mellan investeringar som har olika lång livslängd.

Payback-metoden och internräntemetoden passar bäst för lönsamhetskalkyler. Nuvärdemetoden fungerar i alla fall men kräver att man tar hänsyn till reinvesteringar under hela kalkylperioden. Med annuitetsmetoden kan man räkna fram jämförbara årliga kostnader utan att ta med alla reinvesteringar under kalkylperioden. Annuitetsmetoden passar därför bäst vid val mellan investeringar med olika lång livslängd. För vårt ändamål verkar valet vara enkelt, vi väljer annuitetsmetod för normaliseringen.

## 4 Sammanfattande preliminär kravspecifikation

Mot bakgrund av ovanstående diskussioner och överväganden kan vi sammanfatta de preliminära kraven på vår kalkylmodell på följande sätt:

- flera olika kalkylsituationer måste täckas in såsom nybyggnad, expansion, förbättringar och renovering framför allt för delsystem inom det befintliga totalsystemets ram.
- modellen ska vara enkel, snabb och användarvänlig
- modellen ska bygga på en ”top-down approach”, dvs. vara en högnivåmodell och hämta kostnader från historiska data
- modellens beräkningsmekanik ska bygga på annuitetsmetoden
- det huvudsakliga kriteriet vid jämförelse mellan alternativ ska vara årskostnader i absoluta och relativa termer.
- kalkyler ska vara systemkalkyler dvs. kostnader och intäkter avseende hela VA-systemet avgränsat enligt principen ”påverkbart av VA-aktörerna”. Detta innebär bl.a. att taxor inte finns med



eftersom dessa är både kostnad och intäkt inne i systemet och dessutom politiskt beslutade utifrån självkostnadsprincipen.

- kalkyler ska vara företagsekonomiska dvs. endast kostnader och intäkter som ger betalningsströmmar tas med i kalkylerna.
- användarna av modellen ska kunna ange eller modifiera avskrivningstider och kalkylränta
- modellen ska utvecklas i MS Excel (det mest spridda kalkylprogrammet i kommunerna).

## 5 Val av kalkylmetod

### 5.1 Tillgängliga metoder för tidiga, översiktliga kalkyler

Roy (2003) ger en översikt över några kalkylmetoder som kan användas tidigt i utvecklingsprocess. Han refererar till produktdesign inom flygindustrin och

mjukvaruutveckling inom IT-området men generellt är det fråga om att göra kostnadsuppskattningar i ett tidigt skede, där många vägar står öppna. Situationen stämmer väl överens med de beslutssituationer som vi ser framför oss för UWs verktygslåda. Roy beskriver fem olika metoder för tidiga kostnadsuppskattningar:

”Case based reasoning” är egentligen ett expertsystem som matchar det aktuella fallet mot liknande fall i en kunskapsdatabas, där kostnadsdata finns för de tidigare fallen. Ett sådant system skulle fungera i vår situation men förutsätter uppbyggnad av en databas på förmodligen nationell nivå för de systemkomponenter som bör vara med.

Roy sammanfattar sin översikt med hjälp av nedanstående tabell (tabell 5-2) där han visar var metoderna kan komma till användning.

De två mest intressanta för våra syften är Parametric Estimating (parametrisk kalkylmodell) och Case Based Reasoning (Fallbaserad analogimodell). DRIVA och VASS skulle kunna vara embryon till framtida fallbaserade databaser för en CBR-modell, men för tillfället väljer vi den parametriska kalkylmodellen där vi själva kan konstruera kostnads-sambanden.

Tabell 5-1. Metoder för top-down-kalkyler

Typ	Beskrivning
Traditional Cost Estimating (TCE)	”a ‘first sight’ estimate, which is done early in the cost stage and is largely based around the experience of the estimator”. Kräver en mångårig erfarenhet och god överblick av kalkylatorn.
Parametric Estimating (PE)	”A widely used method for estimating product cost at the early stages of a project by using a cost estimating relationship (CER). With the relationship described, it is possible to use the formula to predict the cost of a future aircraft based on its weight alone”.
Neural Network Based Cost Estimation (NN)	”to provide data to a computer so that it can learn which product attributes mostly influence the final cost. This is achieved by training the system with data from past case examples. The artificial neural network truly becomes a ‘black box’ CER”. Ett avancerat inlärningssystem som bygger upp kostnadssamband utifrån historiska data, där dock sambanden blir som en svart låda för användaren (ej transparent).
Case Based Reasoning (CBR)	”A final estimating technique to discuss is the analogous method or more particularly that of case based reasoning. Case-Based Reasoning (CBR) can also be used to model, store, and re-use historical data, and capture knowledge for problemsolvingtasks.
Feature Based Costing (FBC)	”Products can essentially be described as a number of associated features i.e. holes, flat faces, edges, folds etc. It follows that each product feature has cost implications during production.” FBC är en metod för produktdesign.

Tabell 5-2. Cost estimating techniques and product lifecycle [Rush and Roy 2000] Källa Roy (2003).

Cost Estimating Techniques	PE	NN	CBR	FBC	Detailed Cost Estimation
Used when:					
Concept design phase (innovation)	✓	✗	✓	✓	✗
Concept desing (similar products)	✓	✓	✓	✓	✗
Feasibility Studies	✓	✓	✓	✓	✗
Project definition	✓	✓	✓	✓	✗
Full Scale development	✗	✗	✗	✓	✓
Production	✗	✗	✗	✓	✓

## 5.2 Den parametriska kalkylmetoden

Den parametriska kalkylmetoden har som så många andra innovationer vuxit fram inom rymdindustrin närmare bestämt inom NASA och används flitigt inom rymd- och flygindustrin. Det finns också referenser inom produktutveckling och -design, vid programutveckling inom IT-branschen och offertkalkylering. Nedanstående beskrivning har vi hämtat från Cranfield University i England (Roy *et al.* 1999) och den ger en bra bild av metoden:

”Parametric costing is a method of estimation based upon mathematical equations that relate cost to physical or performance measures associated with the product or project being estimated. The method relies on statistical equations to relate cost to variables. These are generally called CER’s with cost as a dependant variable and performance or physical dimensions as independent variables. It is through statistical analysis of the variables and the identification of important variables (cost drivers) that CER’s may be developed to allow accurate early design phase cost estimation.”

**CERs eller Cost Estimating Relationships**, dvs. statistiska kostnadssamband (NASA 2004) är kärnan i den parametriska kalkylmetoden. Kostnadssambandet består av ett värde på en kostnadsdrivare och en statistisk funktion. Kostnadsdrivaren är den oberoende variabeln och kan vara ett inflöde eller utflöde eller kapacitet i en process. Den statistiska

funktionen är en lineär eller icke-lineär ekvation vari värdet på kostnadsdrivaren ingår och vars resultat blir kostnaden. Vi kan illustrera med ett exempel. Om vi vill bygga upp ett kostnadssamband (CER) för en nyanläggning av en viss röttningsprocess vid ett ARV så tar vi reda på så många nyligen införda rötprocesser som möjligt och hämtar in verksamhetsdata och kostnader. Vi väljer ut t.ex. inflödet till processen som kostnadsdrivare. Därefter utför vi en regressionsanalys mellan inflödesvolymerna och kostnadsdata och räknar fram en lineär eller icke-lineär ekvation mellan inflödesvolym och investerings- respektive driftskostnad. Med denna kan man sedan räkna fram investerings- och driftskostnad för den nya anläggningen utifrån beräknad inflödesvolym. Vissa kostnadssamband kan vara mycket enkla t.ex. styckkostnader. Investeringar i fastigheter är av denna enkla typ.

På detta sätt kan man bygga upp kostnadsparametrar om man har hyggligt med historiska data från liknande anläggningar av olika storlek. Om man saknar historiska data kan man tillgripa vissa andra knep.

**Analogi** betyder att man uppskattar kostnaden för en okänd storhet genom att jämföra den okända med en känd storhet och dennas kostnad. Om man saknar historiska data för rötning men tror att denna process liknar en förbränningsanläggning kan man använda data från denna.

**Prototyp** innebär att man kan uppskatta kostnaden för en ny process som bara finns på experimentstadiet genom att utgå från en prototyp för denna process. Man måste dock beakta att prototyper vanligen är ”handgjorda”, de är inte färdigutvecklade och är normalt mycket små i förhållande till fullskalanläggningar. I Hammarby sjöstad har många nya processer testats men ofta bara för något eller några kvarter. För prototypen för Aqua-Reci finns



kostnader men det är inte helt lätt att avgöra vad en fullskaleanläggning för Hammarby Sjöstad eller för hela Henriksdal skulle kosta.

## 7 Modellstadsarbetet

### 6 Skiss på en tentativ modell för modellstadsarbetet

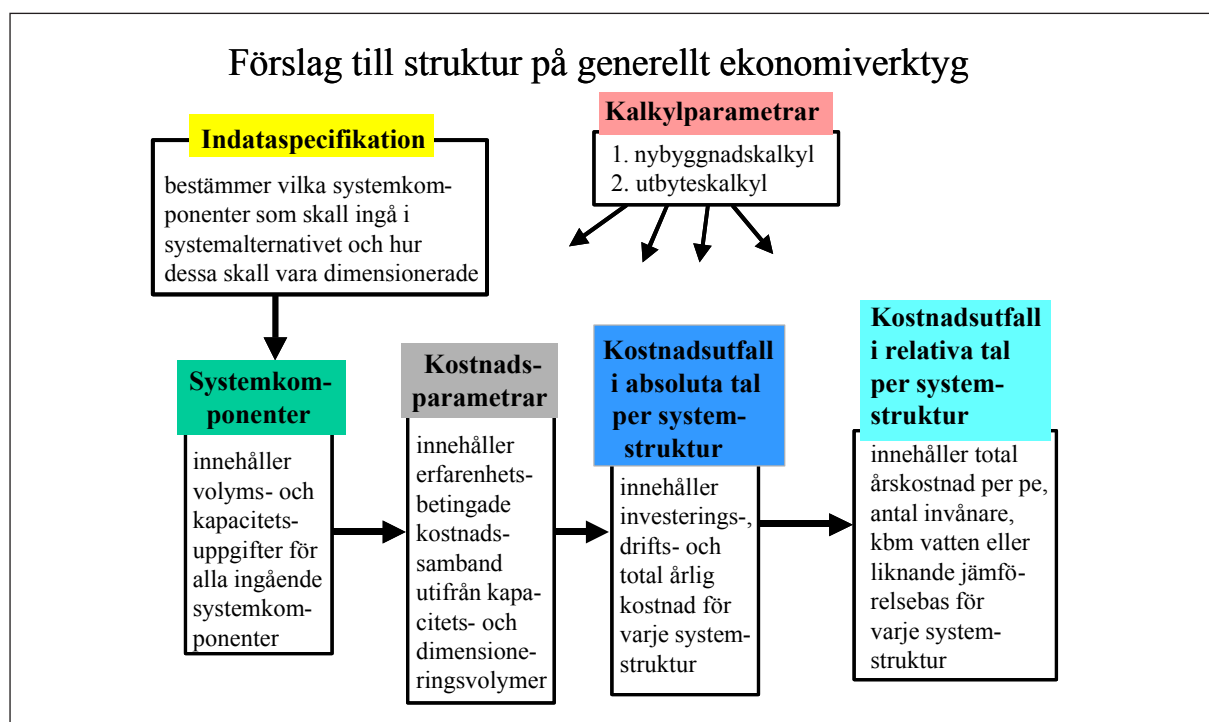
Innan vi började med modellstadsarbetet utformade vi en systemskiss för modellen. Modellskissen framgår av figur 6-1.

I förhållande till den tidigare modellen från 2001 ville vi ha en mer systematiserad och användarvänlig datainmatning, möjlighet att jämföra upp till sex systemstrukturer och bygga ut kostnadsanalysen med årskostnader i absoluta och relativa termer. Dessutom ville vi göra modellen mer generell genom att lägga in betydligt fler systemkomponenter.

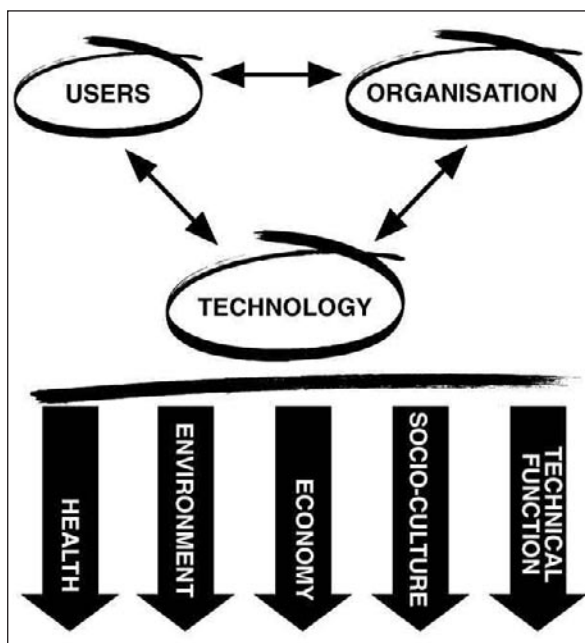
Utifrån systemskissen och den tidigare utvecklade modellen började vi bygga upp en ny modell i Excel som vi arbetade med i modellstäderna

#### 7.1 Modellstäder

UWs konceptuella ramverk (se figur 7-1 nedan) för ett VA-system nedan visar på ett socio-tekniskt system bestående av tekniskt system, organisation och brukare. Det tekniska systemet omfattar inte bara det kommunala VA-systemet i inskränkt bemärkelse utan också fastigheter med bostäder och lokaler samt anläggningar som ibland tillhör annan huvudman (t.ex. kompostering, jordproduktion, förbränning och deponi). Vidare är UW inte främmande för att ta med organiskt hushållsavfall inom VA-systemgränserna. Detta får naturligtvis konsekvenser på organisationssidan. Den organisation som har bäring på det tekniska systemet kan vara hela den offentliga sfären från VA- och avfallsansvariga i kommunen eller VA-bolaget till kommunala och regionala planerare. Dessutom ingår här också fastighetsbolag och andra fastighetsägare.



Figur 6-1. Den preliminära systemskissen på kostnadsmodellen.



Figur 7-1. UW:s konceptuella ramverk för ett VA-system med aktörer och aspekter/perspektiv. Källa: Urban Water.

De modellstäder som vi har arbetat med har varit Surahammar och Hammarby Sjöstad (Bo Olin samt Vasastan i Göteborg (Henrik Kant). Modellstädernas socio-tekniska VA-system ser naturligtvis olika ut.

Modellstäderna har olika geografiska, bebyggelsemässiga, organisatoriska och åldersmässiga förutsättningar. Tabell 7-1 visar på några av de skillnader som vi kan urskilja.

Dessa skillnader påverkar bl.a. vilka frihetsgrader vi har när det gäller att fatta beslut. Surahammar utgör en självständig kommun, där VA-frågor och avfallsfrågor har samlats under samma ansvarig. Här finns mycket större möjligheter att laborera med olika både separata och integrerade lösningar. Hammarby Sjöstad är en ny stadsdel inom Stockholms stad där huvudmannaskapet för VA-frågor ligger hos Stockholm Vatten som äger det närbelägna befintliga avloppsreningsverket för hela Stockholm – Henriksdal. Självständigheten hos Hammarby sjöstad är mycket liten trots att det här rör sig om en ny stadsdel. De kretsloppsmål som satts upp och de experimentprocesser som pågår i Hammarby sjöstad styrs av samma huvudman som har ansvaret för Henriksdals ekonomi. Organiskt hushållsavfall handhas av en helt annan kommunal förvaltning. Samma förutsättningar gäller även för Vasastan i Göteborg med det tillägget att det här rör sig om en äldre befintlig bebyggelse och därmed också om en redan befintlig

Tabell 7-1. Modellstädernas olika karaktär.

Egenskap	Surahammar	Hammarby Sjöstad	Vasastan i Göteborg
Typ av stad	Egen kommun (3 tätorter) omgiven av landsbygd	Stadsdel i Stockholms stad omgiven av andra stadsdelar och vattenområden	Äldre stadsdel i Göteborgs innerstad omgiven av andra innerstadsdelar
Bebyggelse	Befintlig Blandad tät och gles bebyggelse	Ny Tät bebyggelse	Befintlig Tät bebyggelse
Självständighet	Stor	Liten	Liten
Typ av befintligt VA-system	Gemensamt system för tre tätorter	Inget befintligt i Hammarby sjöstad Stort gemensamt i Stockholm (Henriksdal)	Stort gemensamt i Göteborg (Ryaverket)
Utbyggnadsgrad	I stort sett utbyggt	Utbyggt till 40 %	Färdigbyggt
Stadsmiljö	Småstad med flerfamiljshus, lokaler och villaområden	Storstad med flerfamiljshus och lokaler	Storstad, stenstad med flerfamiljshus och lokaler
Närhet till natur, jordbruk	Nära	Långt	Långt
Permanent vs fritidsboende	P – 80 %, F– 20 %	P 100 %	P 100 %
VA-organisation	VA och avfall under samma ansvarig i Suratek	Inget sammanhållet ansvar på lokal nivå. Stockholm Vatten är huvudman i Stockholm	Göteborgs VA-verk

infrastruktur för vatten och avlopp, som sedan länge är kopplad till det centrala avloppsreningsverket, Rya-verket.

## 7.2 Modellbygge

Våra utgångspunkter i modellarbetet ute i modellstäderna har varit de systemanalyser som modellstadsansvariga genomfört och som resulterat i de alternativa systemstrukturer som skulle utvärderas. För varje systemstruktur försökte vi definiera ingående komponenter utifrån bästa möjligheten att bygga upp kostnadssamband. Vår ambition var från början att försöka synkronisera vårt arbete med de övriga verktygsprojekt som ägde rum parallellt inom de andra hållbarhetsaspekterna. Vi fann dock (se mera nedan) att skillnaderna i intressefokusering mellan de olika verktygsprojekten var så stora att synkronisering blev omöjlig. I stället gjorde vi våra egna systemindelningar i komponenter utifrån möjligheterna att kunna utforma bra kostnadssamband och erhålla verksamhetsdata. Vi kunde utnyttja vissa kostnadssamband som utarbetats i den tidigare modellen för t.ex. förbränning och deponi. Vidare gjorde vi egna utredningar kring t.ex. fastighetsinvesteringar, ledningsnät, dagvattenanläggningar, källsorterande system, nya rötprocesser och nya återvinningsprocesser. Utredningarna byggde dels på litteraturstudier, dels på prototypresultat från modellstäderna och dels på "informed guesses" från experter inom området.

Eftersom förutsättningar och strategier var olika i de olika modellstäderna blev också kostnadsjämförelserna olika. Ledningsnäten i Surahammar och Uppsala var lika för samtliga systemstrukturer och var alltså utan intresse vid jämförelsen. I Hammarby sjöstad jämfördes ett kombinerat system med ett extremt källsorterande via ledningar. Här byggdes kostnadssambanden för ledningsnäten utifrån en relativt enkel relation mellan total områdesyta + svårighetsgrad + antal nät och totala kostnader. I Göteborg byggde man upp en mera detaljerad ledningsnätmodell som utgick från gatulängd + flera svårighetsgrader + antal nät. En orsak till skillnaden i angreppssätt var naturligtvis att Hammarbys sjöstad är ett nytt område, medan Vasastaden är ett befintligt område med kända olika förutsättningar för varje gata (beläggning, andra ledningar, spårväg osv.).

Ett annat exempel är hanteringen av det organiska avfallet. Surahammar har sedan ett antal år låtit installera köksavfallsskvarnar i ca 30 % av lägenheterna och kopplat köksavfallet till den centrala spillvattenledningen. Köksavfallsskvarnar har i stort sett varit förbjudna i de svenska kommunerna. Hur kommer det sig att Surahammar tog detta initiativ? Bakom denna förändring låg två viktiga förutsättningar: 1) Samma kommunala bolag ansvarar för både VA och avfallshantering. 2) Surahammar är en utflyttningsskommun och har stor överkapacitet i avloppsreningsverket som byggdes på 70-talet. I Surahammar jämförde vi det befintliga systemet med ett konventionellt system utan köksavfallsskvarnar och med ett svartvattensystem med lokal lagring av toalettavatten plus produkten från köksavfallsskvarn och transport och rötning utan avvattning. I Hammarby sjöstad fanns ett alternativ med köksavfallsskvarn, svartvattennät och rötning efter försedimentering. I Vasastaden och Uppsala fanns det organiska avfallet överhuvudtaget inte med. .

Vi matade in grunddata i våra tentativa modeller och fick fram resultat i form av årskostnader i absoluta och relativa termer och dokumenterade resultaten i delrapporter (Olin 2004a, 2004b och 2004c). Vi förde inga ingående diskussioner med de VA-ansvariga ute i modellstäderna kring resultaten. I stället bakades rapporterna i mycket koncentrerad form in i beslutsunderlaget för den integrerade utvärderingsprocess som utgjorde slutfasen i modellstadsarbetet inom Urban Water. Modellstadsarbetet handlade för vår del inte om vilka systemstrukturer som var bäst utan i stället gav arbetet lärdomar om hur det slutliga ekonomiverktyget skulle se ut. Vi koncentrerade oss på att analysera hur den slutliga modellen skulle kunna göras mer generell och användbar.

## 7.3 Lärdomar och erfarenheter

### 7.3.1 Varje kostnadsjämförelse är unik

Som exemplen i föregående avsnitt visar är varje modellstadsfall unikt. Mycket sällan är samma systemkomponenter inblandade. Användaren behöver ett smörgåsbord av många systemkomponenter att välja bland.

### 7.3.2 Lokala avvikelser finns alltid

Det finns nästan alltid lokala avvikelser i kostnadsjämförelsen vilka inte kan fördefinieras i modellen. Det är svårt att täcka in alla lokala avvikelser i modellen. Användaren måste ha möjlighet att själv ange kostnader för komponenter som ej finns fördefinierade.

### 7.3.3 Nya processer och tekniker

Flera av de ingående systemkomponenterna består av nya processer och anläggningar som t.ex. AQUA RECI, omvänd osmos (RO), olika svartvattenhanteringssystem, köksavfallskvarnar och flera separata ledningar. I många fall har komponenterna bara provats i små experimentsituationer varför kostnader för fullskaleanläggningar helt saknas. Kostnadssambanden måste utvecklas itakt med att nya historiska data framkommer

### 7.3.4 Skillnader mellan teoretiska värden och faktiska värden

Vi försökte till att börja med arbeta med grundvärden per pe eller per fysisk person på samma sätt som de naturvetenskapliga modellerna arbetade på. Så länge vi arbetade med tänkta framtida system gick det bra. Det var ingen som opponerade sig. Men när vi applicerade formlerna på befintliga system visade det sig att de faktiska siffrorna från årsredovisningar och miljörapporter var helt annorlunda. I vissa fall kunde vi förklara skillnaderna, t.ex. när det gällde spillvattenvolymer så tillkom faktorer som in- och utläckage och dräneringsvatten. I andra fall – som t.ex. mängder i slamhanteringen – kunde vi inte förklara skillnaderna och vi fastnade också i eviga diskussioner om hur man skulle hantera TS-begreppet. Här råkade vi ut i stor osäkerhet. Vår slutsats har blivit att man bör sträva efter att använda sig av etablerade begrepp som hanteras ute i kommunerna och man bör – så långt möjligt – undvika teoretiska beräkningar som bygger på TS-halt eller mängd/volym per person.

För nya processer och vid förändringar i flöden på grund av källsortering o.d. bör man utgå från flödena i det befintliga systemet och försöka göra

uppskattningar på hur förändringarna slår. Att jämföra faktiska volymer i det befintliga systemet med teoretiska volymer i ett nytt alternativt system leder till jämförelser mellan äpplen och päron.

### 7.3.5 Befintliga systems inverkan på alternativen

I kapitel 3.1 framhöll vi att ”Det finns en gammal ekonomisk sanning som säger att i mycket kapitalintensiva och långlivade system finns det en stor risk att man investerar sig fast i gamla och föråldrade strukturer. Det är svårt att ekonomiskt motivera radikala förändringar i VA-systemstrukturen...” Detta konstaterande handlar bl.a. om hur befintliga system och dess kostnader påverkar kostnaderna för alternativa systemstrukturer.

För vissa källsorterande systemstrukturer i Hammarby sjöstad var det tänkt att behandlingen av BDT-vatten ska ske i befintligt ARV i Henriksdal. Inflödet till ARV är 585 825 m<sup>3</sup>/år. Dessa mängder är mycket marginella i förhållande till den totala mängden spillvatten till Henriksdal – som är 89,8 Mm<sup>3</sup>/år – och ryms väl inom befintlig kapacitet. Frågan uppkommer då huruvida den tillkommande mängden från Hammarby sjöstad skall bedömas rymmas inom befintlig kapacitet och alltså inte innebära en investeringskostnad eller om man skall låta Hammarby sjöstad bära viss del av redan gjorda investeringar. Första fallet innebär klara kostnadsfördelar för befintlig systemstruktur dvs. strategin: ”gör så lite förändringar som möjligt” får överhand. I sista hand är det naturligtvis användaren som måste avgöra detta men modellen bör ge utrymme för båda alternativen.

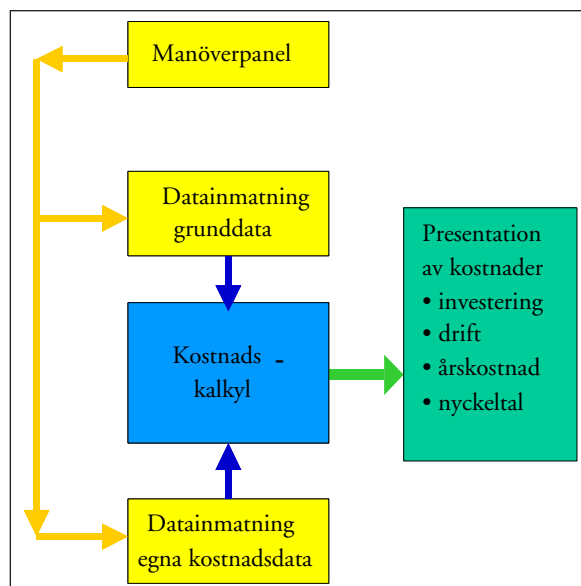
## 7.4 Utökad kravspecifikation

Det primära resultatet av vårt modellstadsarbete blev en utökad kravspecifikation på verktyget.

- Modellen måste ha en utökad datainmatningsdel där användaren leds genom olika datainmatningsformulär för att mata in grunddata på ett pedagogiskt sätt.
- Modellen ska innehålla datainmatningsformulär för användarens kostnadsdata för egna komponenter som påverkar huvudkalkylen direkt

- Kalkyldelen ska byggas upp med underkalkyler och huvudkalkyl, där underkalkylerna ska kunna förändras utan att strukturen på huvudkalkylen påverkas.
- Kalkylen ska byggas ut till att omfatta max 6 olika systemstrukturer
- Kalkyldelen ska låsas för redigering av användaren. Kalkyldelen blir en "svart låda" som dock är fullt tillgänglig för avläsning.
- Presentationsdelen ska bestå av årskostnader på komponentnivå samt konsoliderade årskostnader för komponenttyperna: Fastigheter, Distribution; Anläggningar och Transporter från anläggningar. Nyckeltal ska tas fram för årskostnader per olika bastal såsom anslutna personer, kbm spillvatten, återvunnet NPKS, utsläpp av NP, använd energi. Resultatet visas i tabeller och diagram.

och drifts/underhållskostnader och där kostnader beräknas utifrån inmatade grunddata, (denna del kan inte påverkas direkt av användaren, däremot är innehållet fullt läsbart) samt 5) en presentationsdel med årskostnader per komponent och komponenttyp, i absoluta och relativa termer, i tabeller och diagram.



Figur 8-1. Modellens huvuddelar.

## 8 Den färdiga modellen

Modellen består av följande delar: 1) en manöverpanel där man kan orientera sig i modellen och där man via knappar kan förflytta sig mellan olika flikar. 2) ett användargränssnitt för inmatning av grunddata, a) kalkylbeskrivning där man bl.a. beskriver de systemstrukturer som ska kostnadsberäknas, b) gemensamma grunddata och c) grunddata per systemstruktur. 3) ett användargränssnitt för inmatning av kostnader för egna systemkomponenter. 4) en kalkyldel innehållande fördefinierade kostnadssamband för systemkomponenter avseende investerings-

Modellens layout och struktur styrs från kalkyldelen. Inmatningsformulären får sin struktur genom koppling till kalkyldelen. Bara modellutvecklare kan ändra i kalkyldelen. Nedan ses ett exempel på ett inmatningsformulär.

Till detta inmatningsformulär kommer man genom att trycka på knappen "Återvinning" på Manöverpanelen se figur 8-2.

De systemkomponenter som finns fördefinierade i modellen framgår av tabell 8-2. För flertalet av dessa finns underkalkyler med ytterligare ingående underkomponenter.

Tabell 8-1. Exempel på inmatningsformulär i kostnadsmodellen.

Inmatning av data avseende återvinningsprocesser per systemstruktur					
Komponent		Systemstrukturer			
		1 Jord	2 Urin	3 Slam	4 Aqua Reci
RO-process	m <sup>3</sup> /d	0	0	0	0
UASB-reaktor	m <sup>3</sup> /d	0	0	0	0
AquaReci-process – TS 15%	tonTS/år	0	0	0	22 868
KREPRO-anläggning	ton/år	0	0	0	0
Kompostering – slam/matavfall	tonTS/år	3 560	3 560	0	0
Jordproduktion	ton/år	5 371	4 922	0	0



Figur 8-2. Manöverpanelens knappar.

Tabell 8-2. Fördefinierade systemkomponenter i huvudkalkylen. Flertalet finns specificerade i underkalkyler.

Komponent	Enhet
Fastigheter	från underkalkyl
Transporter från fastigheter	från underkalkyl
Ledningsnät	från underkalkyl
Pumpstationer	från underkalkyl
Dagvattenanläggningar	från underkalkyl
Konventionell rening	m <sup>3</sup> /d
Kväverening	från underkalkyl
Rötning och slamhantering	från underkalkyl
Återvinningsprocesser	från underkalkyl
Långtidslagring - urin	antal fys.pers.
Förbränning	ton/år
Deponi	ton/år
Transporter från anläggningar	från underkalkyl

Resultatet av kostnadsjämförelsen mellan de olika systemstrukturerna består av 1) huvudkalkyl med initialinvesteringar och drifts/underhållskostnader per systemkomponent 2) Årliga kostnader per systemkomponent 3) konsoliderade årskostnader per komponenttyp (se tabell 8-3 nedan).

Modellen är mycket flexibel för förändringar. Det är lätt att lägga till eller ta bort komponenter i underkalkylerna. Det är enkelt att göra känslighetsanalyser genom att ändra inmatade data. Avskrivningstider på komponentnivå och kalkylränta kan förändras av användaren.

Tabell 8-3. Exempel på presentation av konsoliderade årskostnader.

Totala årskostnader tkr				
Struktur	1 Jord	2 Urin	3 Slam	4 Aqua Reci
Komp.typ				
Fastigheter	160 112	172 275	160 112	160 112
Distribution	24 392	24 763	24 392	24 392
Anläggningar	86 329	89 117	72 501	85 469
Transporter	139	139	139	38
<b>Summa</b>	<b>270 973</b>	<b>286 294</b>	<b>257 144</b>	<b>270 012</b>
<b>Övergångskostnad</b>		15 321	-13 829	-961



## 9 Begränsningar och Utvecklingsmöjligheter

Man kan fråga sig om modellen är lika användbar i alla valsituationer. Erfarenheterna från Surahammar och Hammarby Sjöstad tyder på att modellen passar bäst in vid val mellan olika typer av nyanläggningar eller olika typer av förändringar inom ett befintligt system. Vid val mellan anslutning till befintligt system och ett eller flera lokala alternativ är det svårt att bestämma vilken typ av kalkyl som bör göras.

Vilken precision behövs i kostnadsuppskattningarna för att verktyget skall anses tillfredsställande? Syftet med modellerna är ju att få underlag för strategiska vägval på VA-området. Även om kostnadsparametrarna är något felaktiga så kan modellen ändå visa utslagsgivande resultat vid jämförelse mellan alternativen. Det kan också vara intressant att överblicka hur kostnaderna fördelas exempelvis mellan olika aktörsgrupper i de olika alternativen, vilket påverkar genomförandemöjligheterna och blir styrande för organisation och ansvarsfrågor.

Måste modellen bygga på fasta kostnadsparametrar i sin helhet? Detta måste bli en balans mellan precision/realism och enkelhet. Modellen kan förmodligen bara innehålla fasta kostnadsparametrar för sådana komponenter där hyggliga erfarenhetsmässiga kostnadsdata finns. För lokala avvikelser måste det vara bättre att låta användaren i det speciella fallet själv beräkna kostnaden. Däremot kan det vara bra att bygga in nya experimentprocesser även om man vet att kostnadsparametrarna säkert kommer att förändras för fullskaleanläggningar.

### 9.1 Förbättring av kostnadsparametrarna

Många av kostnadsparametrarna i modellen är fortfarande bräckliga och bygger på för litet eller för gammalt eller för nytt underlag. Att kartlägga kostnadsparametrar för modellen inom specifika kunskapsområden tror vi är en intressant forsknings-

uppgift. Vi kan röttningsprocesser som ett exempel. Här kan vi urskilja inom VA-området flera typer av rötning som till exempel 1) rötning av primär- och sekundärslam vid 2) svartvattenrötning antingen i icke avvattnad form eller med försedimentering 3) rötning tillsammans med matavfall via köksavfallskvarn eller via separat transport. Till detta kommer speciella röttningsanläggningar för slakteriavfall, flytgödsel osv. Alla dessa kombinationer kan i framtiden bli intressanta utvärderingsalternativ vid strategiska val ute i kommunerna. Att kartlägga dessa olika processer och räkna fram kostnadsparametrar ser vi som angelägen uppgift för kompetenta forskare inom området kanske tillsammans med en modellbyggare.

### 9.2 Intäktssidan

Intäktssidan har blivit styvmoderligt behandlad i modellarbetet. Vi hade från början ambitionen att ta med alla typer av driftsintäkter och kostnadsreduceringar inom systemgränserna. Det finns ju gott om intäktspotentialer. Tyvärr visade det sig att marknadskopplingen fungerar dåligt och att marknadsacceptansen är låg för de produkter som kommer fram. Merparten av "intäkterna" utgörs fortfarande av interna kostnadsreduceringar. I detta läge bestämde vi oss för att tills vidare hålla intäktssidan utanför modellen. På sikt bör intäkterna integreras. Vi ser inga problem med att få med intäkterna när tiden är mogen.

Här finns också ett forskningsbehov. Vilka intäkter skall man räkna med? Är det dagens nivå eller ska spekulera i bristsituationer 10, 20 eller 30 år framåt och försöka räkna ut priserna på t.ex. fosfor och energi vid dessa tidpunkter.

Intäktspotentialerna finns inom många områden av VA-systemet:

- det renade spillvattnet ger energi i form av värme (värmepump)
- vissa alternativ kan ge minskad vattenförbrukning
- källsortering kan ge renare produkter med mindre föroreningshalter
- minskade föroreningshalter ökar möjligheterna att få avsättning för produkter
- rötningen ger biogas som kan användas till el eller drivmedel

- rötslammet innehåller näringsämnen som kan ersätta handelsgödsel
- återvinningsprocesser kan ge renare och tydligare produkter (fosfor, kalium, kväve, svavel)
- kompostering och jordproduktion kan ge olika typer av jord
- minskade transportvolym (avvattnade produkter)
- minskade deponikostnader pga. mindre slam- och restvolym.

## 10 Slutsatser och Rekommendationer

En parametrisk kostnadsmodell föreligger med de begränsningar och utvecklingsmöjligheter som vi nämnt. Kostnadsmodellen är till för att användas, och det är användningen som är bästa testen på om den är bra. Med säkerhet kan sägas att modellen inte är färdigutvecklad utan ska ses som levande produkt, som hela tiden måste underhållas, uppdateras och vidareutveckling. Vi har pekat på några områden där forsknings- och utvecklingsinsatser skulle kunna höja kvaliteten i modellen. För att modellen ska kunna leva vidare behövs en central instans som tar hand om den och förvaltar och underhåller den. Modellerna måste utvecklas i takt med teknisk utveckling, nya lagar och miljövillkor, marknadsförutsättningar, och organisationsförändringar.



## Referenser

Aamodt A. & Plaza E. (1994). *Case base reasoning: Foundational issues, methodological variations, and system approaches*. Artificial Intelligence Communications, 7(1): 39–59.

Ahlman S., Kant H., Karlsson P., Malm A. & Svensson G. (2003). *Systemanalys Vasastaden i Göteborg – avloppsvattensystemet*. VA-verket Göteborg/Urban Water. Manus, arbetsmaterial

Balmér Peter & Mattsson Bengt (1993). *Kostnader för drift av avloppsreningsverk*. VAV. VA-Forsk rapport nr 1993-15

Balmér P., Book K., Hultman B., Jönsson H., Kärrman E., Levlin E., Palm O., Schönning C., Seger A., Stark K., Söderberg H., Tideström H. & Åberg H. (2002). *System för återanvändning av fosfor ur avlopp. Underlag till aktionsplanen Bra slam och fosfor i kretslopp*. Naturvårdsverket Rapport 5221.

Bergknut P., Elmgren-Warberg Jill & Hentzel Mats (1993). *Investering i teori och praktik*. Studentlitteratur, Lund 1993.

Bergström Sören, Nilsson Jim, Olin Bo, Block Martin & Petersen Tom (1998). *Utvärdering av olika VA-system ur fyra perspektiv: finansiellt, organisatoriskt, brukarmässigt och naturekonomiskt*. Rapport 1998:61 Naturekonomihuset, Stockholm 1998.

Bergström Rune, Bjurhem Jan-Erik, Ek Mats, Björleinius Berndt & Hellström Daniel (2002). *Koncentrerings av närsalter från urin och rejektivatten från rötning av avloppsslam*. Stockholm Vatten R nr 31 december 2002.

Björleinius Berndt (2003). *Lokalt reningsverk för Hammarby Sjöstad – etapp I. Projektöversikt*. Internt PM. Stockholm Vatten 14 oktober 2003.

Chematur Engineering & Feralco (2003). *Aqua Reci. Etapp 1. Ett samarbetsprojekt mellan Käppalaförbundet, SYVAB och Stockholm Vatten*. Rapport: R nr 12-2003.

Department of Defense. Health Affairs (1999). *<MHS IM/IT Benefits Management Program Supplement (Toolkit)-Part*. Updated September 30, 1999.

Ek Mats, Olshammar Mikael, Rahmberg Magnus & Bark Ulrika (2003). *Underlag för val av policy för krav på kväverening i avloppsreningsverk i södra Sverige*. IVL Rapport/report B1522. Stockholm, December 2003.

Engström Carl-Johan & Fredrik Legeby (2001). *Scenariostudie om framtidsstaden. Sammanfattning*. Urban Waters rapportserie 2001a.

Falk Jan (1994). *VA-verksamheten i framtiden*. I NBS Infrastruktur: Bärkraftig utveckling. BFR T14. 1994.

*GATAN – Handbok i gatubyggnad* (1969). AB Byggmästarens förlag i samverkan med Svenska Kommunal-Tekniska Föreningen och Byggforskningen. Stockholm 1969.

Hellström Daniel (2004a). *PM ang Svartvattensystem i Hammarby Sjöstad*. Internt PM, Stockholm Vatten 2004-03-22.

Hellström Daniel (2004b). *System structures – System Analysis of Treatment Scenarios for Hammarby Sjöstad*. Arbetsmanus. Stockholm Vatten 20040116.

Hellström D., Jonsson L. & Sjöström M. (2003). *Bra Små Avlopp. Slutrapport. Utvärdering av 15 enskilda avloppsanläggningar*. Stockholm Vatten Rapport nr 13, juni 2003.

Hjort-Gregersen Kurt (1998). *Biogasfællsesanlæg. Økonomiske resultater og analyser*. Statusrapport 1998. Statens Jordbrugs- og Fiskeriøkonomiske Institut november 1998.

Hultman Bengt, Levlin Erik, Löwén Monica, Płaza Elżbieta & Trela Józef (2004). *Samverkan mellan avloppsvattenrening och slambehandling*. Utg av Svenskt Vatten. VA-Forsk Projekt nr 97-136. Stockholm i juli 2004.

Jonsson Daniel, Gullberg Anders, Jungmar Marie, Kaijser Arne & Steen Peter (2000). *Infrasystemens dynamik – om sociotekniska förändringsprocesser och hållbar utveckling*. Forskningsgruppen för miljöstrategiska studier och Avdelningen för teknik- och vetenskapshistoria KTH. Stockholm 2000.

Karlberg T. & Norin E. (1999). *Köksavfallskvarnar – effekter på avloppsreningsverk*. VA-Forsk rapport 1999-09, Stockholm 1999.

Kärrman Erik., Olofsson Mattias., Persson Bernt., Sander Agneta., Åberg Helena (2001). *Köksavfallskvarnar – en teknik för uthållig resursanvändning? En förstudie i Göteborg*. VA-Forsk Rapport 2001-02. VAV AB i samarbete med Renhållningsverksföreningen (RVF). 2001.

Kärrman Erik, Lundqvist Anders & Damberg Jan (2003). *Svartvattensystem i Hammarby Sjöstad. Förstudie och principförslag*. Stockholm Vatten/Scandiaconsult. SV Rapport 10-2003. Stockholm 2003-08-07.

Ljunggren Olle (2002). *Överledning av svartvatten till Ryaverket genom separata ledningar i tunnelsystemet – översiktlig teknisk och ekonomisk bedömning*. Gryaab Rapport nr 2002:4. Göteborg 2002.

Malmqvist P-A, Björkman Hans, Stenberg Majlis, Andersson Ann-Carin, Tillman Anne-Marie & Kärrman Erik (1995). *Alternativa avloppssystem i Bergsjön och Hamburgsund. Delrapport från ECO-GUIDE-projektet*. VA-Forsk Rapport nr 1995-03, VAV.

Malmqvist Per-Arne & Stenberg Majlis (1997). *Alternativa avloppssystem i Bergsjön och Hamburgsund. Sammanfattande slutrapport från ECO-GUIDE-projektet*. VA-Forsk Rapport nr 1997-8, VAV.

NASA (National Aeronautics and Space Administration) (2004). *Parametric Cost Estimating Handbook*. (Elektronisk) Tillgänglig: <<http://www.jsc.nasa.gov/bu2/PCEHTML/pceh.htm>> (2004-10-23).

Nelander Lars (1972). *Kostnads/intäktsanalys med investeringskalkylering*. Studentlitteratur. Lund 1972.

Olin Bo (2003a). *Ekonomiskt verktyg – Urban Water*. Projektförslag Stockholm 2003-04-25.

Olin Bo (2003b). *Kostnadsjämförelse mellan alternativa VA-system för Surahammar*. Delrapport – Urban Water. Naturekonomihuset, Stockholm 2003-11-04.

Olin Bo (2004a). *Kostnadsjämförelse mellan alternativa VA-system för Hammarby Sjöstad*. Delrapport – Urban Water, Naturekonomihuset, Stockholm 2004-04-23.

Olin Bo (2004b). *Kapitel: Ekonomi i Kärrman et al: Uthålliga spillvattensystem i Uppsala*. Urban Waters delrapport. Arbetsmanus. Stockholm 2004-10-01.

Olin Bo, Kant Henrik & Ramirez José-Ignacio (2004a). *Excel-modell för utvärdering av kostnader för hållbara VA-system*. Framtagen på uppdrag av forskningsprogrammet Urban Water. Naturekonomihuset, Göteborgs Vatten- och Avloppsverk och VBB-VIAK. Stockholm Version 1/2004-12-15.

Olin Bo, Kant Henrik & Ramirez José-Ignacio (2004b). *Handledning för ekonomiskt verktyg/kostnadsmodell*. Framtagen på uppdrag av forskningsprogrammet Urban Water. Naturekonomihuset, Göteborgs Vatten- och Avloppsverk och VBB-VIAK Stockholm 2004-12-15.

Olofsson Birgitta, Henrik Tideström & Johan Willert (2001). *Riskidentifiering av urbana VA-system*. Sammanfattning. Urban Waters rapportserie 2001b.

Pettersson Thomas J.R. (1999). *Stormwater Ponds for Pollution Reduction*, Doktorsavhandling nr. 14, Inst. för VA-teknik, Chalmers tekniska högskola, Göteborg.

Ramirez José-Ignacio (2001). *Kostnadsmodell URBAN WATER. Slutrapport*. Stockholm 2001-01-22. VBB-VIAK Uppdr.nr 1140132.

Renck Olle (1972). *Investeringskalkyler*. M&B fackboksförlaget AB. Uddevalla 1972.

Roy Rajkumar (2003). *COST ENGINEERING: WHY, WHAT AND HOW?* (Elektroniskt) Cranfield University; Decision Engineering Report Series. July 2003. ISBN 1-861940-96-3; Tillgängligt: <<https://dspace.lib.cranfield.ac.uk/retrieve/68/cost+engineering+why+what+and+how.pdf>>(2004-11-03).

Roy R., Bendall D., Taylor J.-P., Jones P., Madariaga A. P., Crossland J., Hamel J. & Taylor I.M. (1999). *Development of Airframe Engineering CER's for Aerostructures* (Elektroniskt), Proceedings of the Second World Manufacturing Congress (WMC'99), 27–30. Sept., Durham (UK), pp. 838–844, 1999. Tillgängligt <[http://public.cranfield.ac.uk/2002DMSIMFRC/wcdjl/deg/publications/raj\\_pub-04-0405.pdf](http://public.cranfield.ac.uk/2002DMSIMFRC/wcdjl/deg/publications/raj_pub-04-0405.pdf)> (2004-11-03).

Rush C. & Roy R. (2000). *Analysis of cost estimating processes used within a concurrent engineering environment throughout a product life cycle*. Proceedings of CE2000 Conference, Lyon, France, July 17–21, 2000, pp. 58–67.

SCB (Statistiska Centralbyrån) (2003). *Kommunernas hushållning med resurser 2003. Uppgifter från kommunernas bokslut 2003*. (Elektronisk) Tillgänglig <[http://www.scb.se/templates/Publikation\\_\\_\\_\\_100496.asp](http://www.scb.se/templates/Publikation____100496.asp)> (2004-11-11).

Svärd Åsa & la Cour Jansen Jens (2003). *Svenska biogasanläggningar – erfarenhets-sammanställning och rapporteringssystem*. Avdelningen för Vattenförsörjnings- och Avloppsteknik, Lunds Tekniska Högskola. Svenskt Vatten AB 2003. VA-Forsk rapport 2003-14.

Svenskt Vatten (2004). *Fakta om vatten och avlopp* (Elektroniskt) Tillgänglig <<http://www.svensktvatten.se>> (2004-12-05).

SwedEnviro (2001). *Marknadsöversikt – Extremt snålspolande toaletter*. SwedEnviro rapport nr 2001a. Februari 2001.

Tagesson Torbjörn (2003). *Kapitalkostnadsredovisning inom VA-branschen i Sverige*. VA-Forsk Rapport nr 25 april 2003.

Tideström Henrik, Seger Anette & Hultgren Jan (2004). *Regional eller lokal hantering av slam från tretton Västgötakommuner – teknik, miljö och ekonomi*. Svenskt Vatten 2004. VA-Forsk och SWECO VIAK. VA-Forsk Rapport 2004-05.

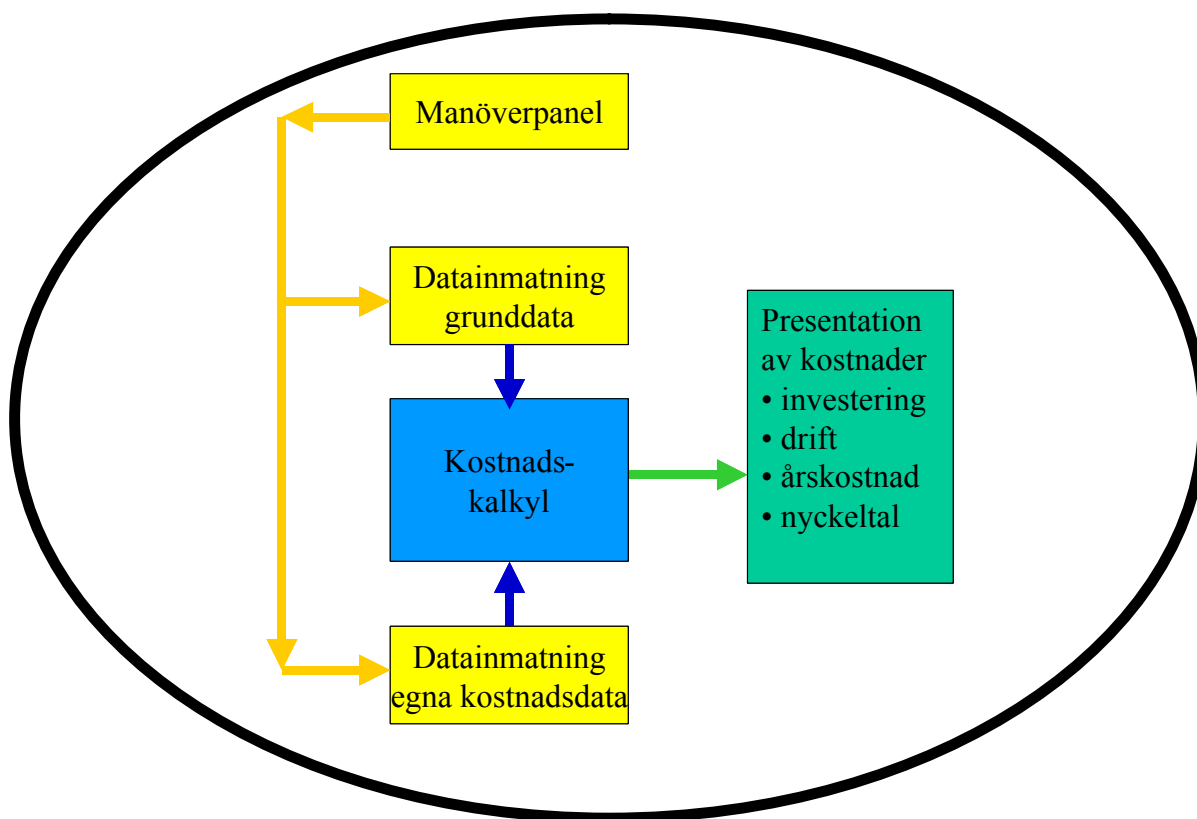
Wängsell Claes (1994). *LOS – Lokalt omhändertagande av spillvatten – Förutsättningar i Göteborg*. VA-Verket, Göteborg, december 1994.

# Bilaga A: Handledning för ekonomiskt verktyg/kostnadsmodell

Urban Water –  
Projekt: Ekonomiskt Verktyg

Slutrapport: Bilaga A  
Handledning

## HANDLEDNING FÖR EKONOMISKT VERKTYG/KOSTNADSMODELL



Stockholm 2004-12-08  
Bo Olin, Naturekonomihuset AB/  
Henrik Kant, Göteborgs vatten- och avloppsverk  
José-Ignacio Ramirez, SWECO VIAK

<b>INLEDNING .....</b>	<b>2</b>
<b>SYFTE OCH FÖRUTSÄTTNINGAR.....</b>	<b>2</b>
SYFTE OCH OMFATTNING .....	2
AVGRÄNSNINGAR.....	3
<b>MODELLÖVERSIKT .....</b>	<b>3</b>
GENERELLT .....	3
MANÖVERPANEL .....	4
DATAINMATNING .....	4
KALKYL.....	5
PRESENTATION .....	6
<b>KOSTNADSPARAMETRAR OCH KALKYLFORMLER.....</b>	<b>7</b>
FASTIGHETER.....	7
<i>Svartvattenlagring.....</i>	<i>7</i>
<i>Urinlagring - Standardtank 15 m<sup>3</sup>.....</i>	<i>8</i>
<i>Urinlagring - Standardtank 30 m<sup>3</sup>.....</i>	<i>8</i>
TRANSPORTER FRÅN FASTIGHETER.....	9
LEDNINGSNÄT .....	10
PUMPSTATIONER .....	13
DAGVATTENRENINGSANLÄGGNINGAR .....	13
KONVENTIONELL AVLOPPSRENING .....	16
KVÄVERENING .....	16
<i>Konventionell biologisk kvävereningsteknik.....</i>	<i>16</i>
<i>Kväverening av rejektivatten i en satsvis. biologisk reningsanläggning (SBR) .....</i>	<i>17</i>
RÖTNING OCH SLAMHANTERING .....	18
<i>Rötning av spillvattenslam och/eller matavfall.....</i>	<i>18</i>
<i>Rötning och hygienisering av svartvatten.....</i>	<i>18</i>
ÅTERVINNINGSPROCESSER.....	18
<i>RO-process .....</i>	<i>18</i>
<i>UASB-reaktor .....</i>	<i>19</i>
<i>Aqua Reci-process.....</i>	<i>19</i>
<i>KREPRO-process.....</i>	<i>19</i>
<i>Kompostering.....</i>	<i>20</i>
<i>Jordproduktion.....</i>	<i>20</i>
LÅNGTIDSLAGRING - URIN .....	20
<i>Urinlagring - Standardtank 60 m<sup>3</sup>.....</i>	<i>20</i>
FÖRBRÄNNINGSANLÄGGNING .....	21
DEPONI .....	21
TRANSPORTER FRÅN ANLÄGGNINGAR .....	22
<b>ÅRSKOSTNADSKALKYL .....</b>	<b>23</b>
KALKYLRÄNTA .....	23
AVSKRIVNINGSTIDER .....	23
<b>REFERENSER.....</b>	<b>24</b>

## INLEDNING

Verktyget har utvecklats inom ramen för Urban Waters s.k. verktygsprojekt, dvs utformning av en verktygslåda till hjälp vid strategisk utvärdering av alternativa hållbara VA-system. Detta verktyg avser perspektivet ekonomi, övriga verktyg avser miljö, hygien, socio-kultur, teknisk funktion och integration.

En första version av kostnadsmodellen utvecklades under år 2000 av José-Ignacio Ramirez, SWECO-VIAK och hade Hammarby Sjöstad som testfall. Modellen finns beskriven i en delrapport Ref [2].

Den fortsatta utvecklingen av ekonomiverktyget startade i början av 2003 och fyra modellstäder har varit involverade, nämligen Surahammar, Hammarby Sjöstad, Vasastan (Göteborg) och Uppsala. Utvecklingen har skett med utgångspunkt från Ramirez' modell. Arbetet har utförts av Bo Olin, Naturekonomihuset AB och Henrik Kant, Göteborgs VA-verk. Arbetsfördelningen i stort har varit att Olin byggt upp modellstommen och utvecklat modeller för fastigheter, anläggningar och processer (exkl. dagvattenanläggningar) och transporter, medan Kant svarat för ledningsnät, pumpstationer och dagvattenanläggningar.

## SYFTE OCH FÖRUTSÄTTNINGAR

### Syfte och omfattning

Verktyget skall användas vid strategiska vägval rörande VA-system i ett tidigt skede av beslutsprocessen. Som exempel på sådana beslutssituationer kan nämnas VA-överbäganden i översiktsplaneringen; strategiska miljökonsekvensbeskrivningar, planering av nya bostads- och industriområde och önskvärd renovering av gamla VA-system. Verktyget utgörs av en s.k. parametrisk kostnadsmodell, som innehåller erfarenhetsmässiga kostnadsdata avseende investering och drift för ett antal systemkomponenter från fastigheter till deponi. För varje komponent finns kostnadsparametrar för vilka det aktuella kalkylobjektets befolkningsdata, areal och verksamhetsvolym kan appliceras.

Användaren kan dessutom lägga in egna kostnadsdata för lokala komponenter som inte finns med i modellen.

Modellen kan jämföra högst 6 olika systemstrukturer. Det är också enkelt att göra känslighetsanalyser eftersom det är lätt att ändra på grundläggande förutsättningar och göra om beräkningarna.

Modellen är i grunden uppbyggd som en nybyggnadskalkyl, dvs den jämför olika nybyggnadsalternativ. För vissa centrala komponenter såsom ARV, förbränning och deponi finns också möjlighet att utforma kalkylen som en utbyggnadskalkyl, där endast marginalkostnader beräknas

## Avgränsningar

För närvarande finns endast kostnadsdata inlagda i modellen. Vissa av processerna i VA-systemet har också en intäktpotential:

- det renade spillvattnet ger energi i form av värme (värmepump)
- minskad vattenförbrukning
- minskade transportvolym (avvattnade produkter)
- minskade deponikostnader pga mindre slam- och restvolym
- källsortering kan ge renare produkter med mindre föroreningshalter
- minskade föroreningshalter ökar möjligheterna att få avsättning för produkter
- rötning och andra processer ger biogas som kan användas för elproduktion eller som drivmedel
- rötslammet innehåller näringsämnen som kan ersätta handelsgödsel
- återvinningsprocesser kan ge renare och tydligare produkter (fosfor, kalium, kväve, svavel)
- förbränning ger energi i form av el eller fjärrvärme

Dessa intäktsaspekter får tills vidare tas in kvantitativt eller kvalitativt i beslutsprocessen vid sidan om denna modell.

## MODELLÖVERSIKT

### Generellt

- Ekonomiverktyget utgörs av en parametrisk kostnadsmodell byggd i Excel och kan jämföra max. 6 olika systemstrukturer
- Verktyget består av fyra delar: Manöverpanel, Datainmatning, Kalkylmodell och Presentation. Samtliga delar finns i samma arbetsboken.
- Första delen: Manöverpanel är användarens ingång till hela modellen och därifrån kan användaren via knappar nå olika datainmatningsformulär
- Användaren skall bara påverka innehållet i kalkyleringen via datainmatningsformulären. Resultatet fås i Presentationen
- I Kalkylmodellen finns ett antal fördefinierade systemkomponenter med kostnadsparametrar vilka med grunddata räknar fram investerings- och driftkostnader.
- Kalkylmodellen är tillgänglig för användaren men ska inte kunna påverkas direkt utan endast via inmatningsformulären.
- Användarens grunddata och kalkylförutsättningar registreras i Datainmatning och styr kostnadsberäkningen i Kalkylmodellen

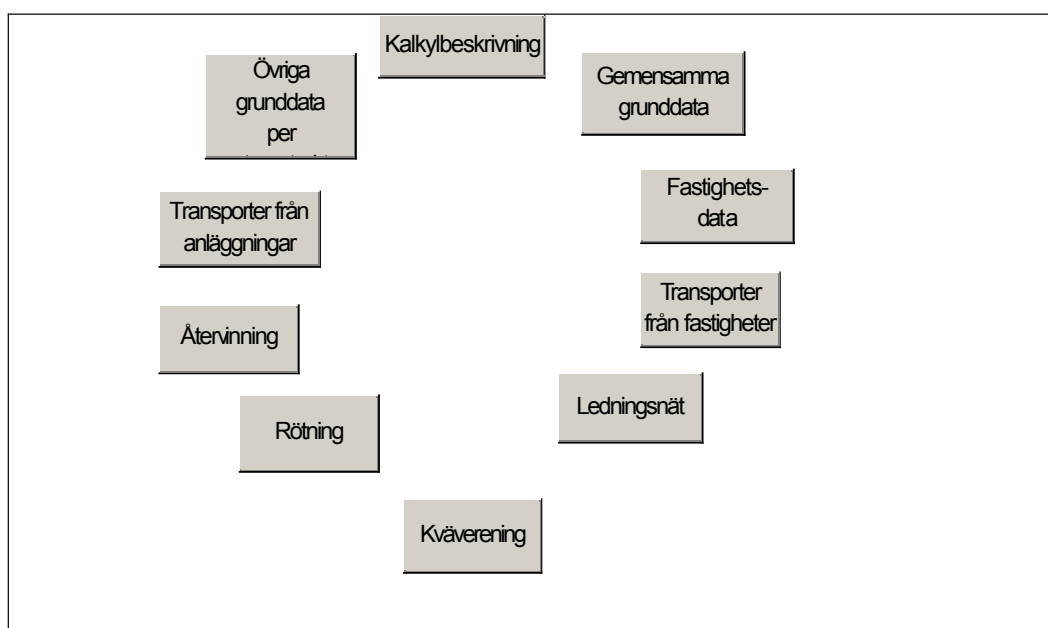


## Bilaga A

- Användaren har möjlighet att lägga till max 10 egna systemkomponenter, för vilka användaren själv beräknar kostnaderna
- Från Kalkylmodellen hämtas information till olika typer av förädling i Presentationsdelen.

### Manöverpanel

Manöverpanelen innehåller ett antal knappar med vars hjälp man kan hoppa till olika inmatningsformulär. Panelen visar också i vilken ordning inmatningen bör ske. Man kan alltid gå tillbaka till tidigare formulär om man vill ändra på indata eller exempelvis utföra en känslighetsanalys.



Figur 1. Manöverpanelens knappar

### Datainmatning

Datainmatningen omfattar följande inmatningsformulär:

- **Kalkylbeskrivning:** Användaren anger kalkylnamn, objekt, beskrivning av alternativa systemstrukturer och kalkylränta. Här finns också möjlighet att ändra inlagda avskrivningstider för de fördefinierade systemkomponenter.
- **Gemensamma grunddata** för samtliga systemstrukturer såsom antal fysiska personer, områdets totalyta och vägyta mm matas in här. Här kan också anges data för befintliga anläggningar vid utbyggnads- eller marginalkalkyl.
- I **Fastighetsdata** beskrivs VA och matavfallsinstallationerna för hushållen för de olika systemstrukturena. Här anges hur stor procentandel av de totala antalet hushåll som har de olika alternativa installationerna. Procentandelarna används i en separat fastighetskalkyl för att beräkna totala investerings- och

driftkostnader. Under denna flik beräknas också teoretiska VA- och avfallsfraktioner utifrån totala antal hushåll, angivna andel och riktvärden för erforderliga flöden med dagens installerade utrustning. Dessa teoretiska värden kan vara vägledande för användaren i det fall faktiska uppmätta siffror saknas.

- Därefter finns ytterligare 6 inmatningsformulär som vart och ett ger underlag för separata underkalkyler. Dessa inmatningsformulär är **Transporter från fastigheter, Ledningsnät, Kväverening, Rötning, Återvinning och Transporter från anläggningar**.
- **Övriga grunddata per systemstruktur** bildar underlag för kalkylering av systemkomponenter direkt i huvudkalkylen nämligen ARV, Förbränning, Deponi och Långtidslagring av urin.
- Om någon systemkomponent saknas bland de fördefinierade kan användaren definiera upp till 10 egna systemkomponenter och ange avskrivningstid samt investerings- och driftskostnader per systemstruktur för dessa. Detta sker under knappen **Egna komponenter** på Manöverpanelen.
- För varje datainmatningsformulär finns anvisningar hur data skall fyllas i.

## Kalkyl

- Kalkyldelen (alla flikar som börjar med SL) är låst för användaren.  
Lösenord: test
- Har plats för 6 alternativa systemstrukturer
- Innehåller **underkalkyl, huvudkalkyl och årskostnadskalkyl**.
- Såväl underkalkyl som huvudkalkyl hämtar volyms- och kapacitetssuppgifter från datainmatningsdelen
- Såväl underkalkyler som huvudkalkyl innehåller kostnadsparametrar och fasta formler
- I kalkylerna beräknas investeringskostnader och årliga kostnader för drift och underhåll
- I huvudkalkylen finns också plats för av användaren angivna investerings- och driftskostnader för egna systemkomponenter
- Årskostnader beräknas utifrån angiven generell kalkylränta och angiven avskrivningstid per systemkomponent
- Varje systemkomponent är åsatt en av följande rapportkoder: F=fastigheter, D=distribution från fastigheter A=centrala anläggningar och processer, T=transporter från anläggningar

Tabell 1. Innehållet i modellens kalkyl del

<b>Kalkyldelen - innehåll</b>	
<b>Underkalkyler</b>	<b>Huvudkalkyl och årskostnader</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fastigheter</li> <li>• Transporter från fastigheter</li> <li>• Ledningsnät</li> <li>• </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fastigheter</li> <li>• Transporter från fastigheter</li> <li>• Ledningsnät</li> <li>• Pumpstationer</li> </ul>

## Bilaga A

<ul style="list-style-type: none"><li>•</li><li>•</li><li>• Kväverening</li><li>• Rötning och slamhantering</li><li>• Återvinningsprocesser</li><li>•</li><li>•</li><li>•</li><li>• Transporter från anläggningar.</li><li>• Egna systemkomponenter 1-10</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Dagvattenanläggningar</li><li>• Konventionell rening</li><li>• Kväverening</li><li>• Rötning och slamhantering</li><li>• Återvinningsprocesser</li><li>• Långtidslagring – urin</li><li>• Förbränning</li><li>• Deponi</li><li>• Transporter från anläggningar</li><li>• Egna systemkomponenter 1-10</li></ul>
--	--

### Presentation

Presentationssdelen redovisar kostnader på konsoliderad nivå enligt följande:

- Fyra systemkomponentgrupper: Fastigheter, Distribution från fastigheter, Anläggningar och Transporter från anläggningar. Dessutom redovisas totala summor.
- Per systemstruktur redovisas investeringskostnad och kostnad för drift/underhåll; årliga kostnader i form av kapitalkostnad, driftskostnad och total kostnad.
- Dessutom redovisas följand nyckeltal:
  - kostnad per ansluten person
  - kostnad per kbm spillvatten
  - kostnad per återvunnen mängd PKNS
  - kostnad per utsläpp av PN
  - kostnad per använd energi

## KOSTNADSPARAMETRAR OCH KALKYLFORMLER

### Fastigheter

<b>Fastigheter:</b> <b>Komponent</b>	Investering	Drift- och underhåll	Referens
Standard VA-installation för BDT och spillvattenledning inkl stand.toalett	23 300	466	Ref [2]; Ref [21]
Extra standardtoalett	3 300	66	Ref [34]
Urinseparering, merkostnad inkl WC-stol och ledningar inomhus	7 000	140	Ref [28]; Ref [21]; Ref [12]; Ref [34]
Vacuumsystem, merkostnad	27 600	552	Ref [21]; Ref [12]
Extremt snålspolande toalett, merkostnad	3 400	68	Ref [12]; Ref [34]
Köksavfallskvarn	5 000	100	Ref [21]; Ref [35]
Ledningsnät - svartvatten i fastighet	6 400	128	Ref [21]
Sluten tank för urin - 15 m <sup>3</sup> tömning 4 ggr/år - 30 hush	1 000	20	Ref [2]
Sluten tank för urin - 30 m <sup>3</sup> - tömning 4 ggr/år - 50 hushåll	4 000	80	Ref [4]
Separat insamling av matavfall	800	16	Ref [30]
Hemkompostering av matavfall	500	10	Ref [4]

### *Svartvattenlagring*

För lokal svartvattenlagring måste tankar anläggas i anslutning till fastigheterna. Vi bedömer att samtliga hushåll kan dela på svartvattentankar. I modellen utgår vi ifrån tankar om 30 m<sup>3</sup> som skall räcka till 15 hushåll vid månatlig tömning enligt följande volymsberäkning:

Toaletterna ger 26 liter svartvatten/p,dygn. Med i genomsnitt 2.0 p/hushåll blir detta 52 liter/hush,dygn Ref [12], [29]. I kalkylen har vi räknat med 52 l/hush/d eller ca 19 m<sup>3</sup>/hush, år.

För avfallskvarnen räknar man med 3 liter vatten per malning. Antalet malningar är 2,4 ggr/hushåll,dygn vilket ger 7,2 liter/hushåll, dygn. Till detta avfallsvolymen som utgör 0,3 l/hushåll,dygn. I kalkylen har vi räknat med 8 l/hush/år. Per år kan detta summeras till ca 3 m<sup>3</sup> avfall + vatten/hushåll,år. Ref. [15].

Totala volymen svartvatten+matavfall blir därmed ca 22 m<sup>3</sup>/hushåll,år eller 1,8 m<sup>3</sup>/månad

En lagringstank om 30 m<sup>3</sup> och en månatlig tömningsfrekvens kommer därmed att räcka för ca 15 hushåll.

## Bilaga A

### A. INVESTERINGSKOSTNADER

Anläggningskostnaden för en svartvattentank om 30 m<sup>3</sup> och gemensamma ledningar beräknas till 60 000 kronor. Investeringskostnaden per hushåll blir därmed  $60\,000/15=4000$  kr.

### B. DRIFTKOSTNADER

Underhållskostnad/år uppskattas till 2% av investeringskostnaden dvs 80 kr per år och hushåll

### ***Urinlagring - Standardtank 15 m<sup>3</sup>***

Urintankar dimensioneras för 500 l urin och 500 l spolvatten per person och år dvs ca 2 m<sup>3</sup> per hushåll och år. För korttidslagring används en nedgrävd GAP-tank med kapacitet 15 m<sup>3</sup>. Tömning sker 4 gånger per år. Den årliga kapaciteten blir därmed 60 m<sup>3</sup> och räcker till 30 hushåll.

### A. INVESTERINGSKOSTNADER

Tankinstallation inkl ledningar beräknas till 30 000 kr. Investeringskostnaden per hushåll blir då  $30\,000/30 = 1000$  kr

### B. DRIFTKOSTNADER

Underhållskostnad/år uppskattas till 2% av investeringskostnaden eller 20 kr per hushåll.

### ***Urinlagring - Standardtank 30 m<sup>3</sup>***

Urintankar dimensioneras för 500 l urin och 500 l spolvatten per person och år dvs ca 2 m<sup>3</sup> per hushåll och år. För korttidslagring används en nedgrävd GAP-tank med kapacitet 30 m<sup>3</sup>. Tömning sker 4 gånger per år. Den årliga kapaciteten blir därmed 120 m<sup>3</sup> och räcker till 50 hushåll.

### A. INVESTERINGSKOSTNADER

Tankinstallation inkl ledningar beräknas till 60 000 kr. Investeringskostnaden per hushåll blir då  $60\,000/50 = 1200$  kr

### B. DRIFTKOSTNADER

Underhållskostnad/år uppskattas till 2% av investeringskostnaden eller 24 kr per hushåll.

## Transporter från fastigheter

### A. INVESTERINGSKOSTNADER

- a) Sopbil. För körsträcka  $\leq 30$  km: 1 sopbil (kostnad ca 1,3 MSEK) tar 3 500 ton/år vilket ger en investeringskostnad på 370 SEK/ton/år.
- b) Övriga transporter egna bilar: 80 SEK/ton/år (lastbil med släp eller tankbil).

### B. DRIFTKOSTNADER

- Underhållskostnad/år uppskattas till 5 % av investeringskostnad.
- Bränsleförbrukning: 25 l/100 km för sopbil, 37 l/100 km för lastbil med släp
- Drivmedelskostnaden styrs också av körsträcka
- Urintransport, köpt tjänst: Biltransport 30 km/ inkl tömning (köpt tjänst) 90 kr/ m<sup>3</sup>.

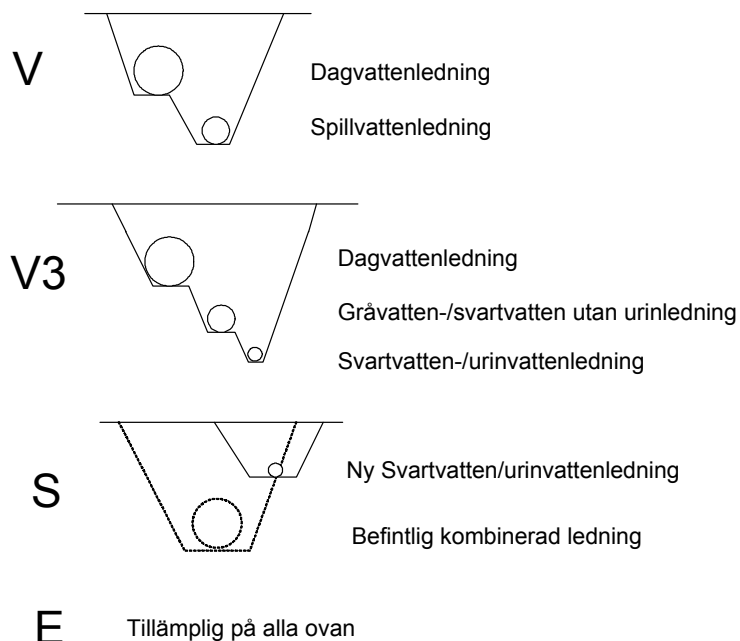
Komponent	Enhet	kostnadsparametrar		
		Investerings kr	Drift kr	Referens
Kostnad kr per enhet				
Till förbränning - matavfall, sopbil	ton/år	371	19	Ref [2]
Till ARV för rötning - matavfall, sopbil	ton/år	371	19	Ref [2]
Till ARV för rötning - svartvatten, tankbil	m <sup>3</sup> /år	80	4	Ref [2]
Till jordbruk - urin, egna tankbilar	m <sup>3</sup> /år	80	4	Ref [2]
Till jordbruk - urin, köpt tjänst	m <sup>3</sup> /år		90	Ref [8]

## Bilaga A

### Ledningsnät

#### A. INVESTERINGSKOSTNADER

Modellen ger möjlighet att räkna investeringskostnader för ledningsnätet på tre olika sätt. Sätt V, V3 och S kan kombineras med varandra. Sätt E bör inte kombineras med någon annan modell utan bör användas generellt.



Kalkylmodell V används för att kalkylera utbyggnad av avloppsledningar i ett område till konventionellt duplikatsystem.

Kalkylmodell V3 används för att kalkylera utbyggnad av avloppsledningar i ett område till ett sorterande system med separat svartvatten- eller urinvattenledning.

Kalkylmodell S används för att kalkylera utbyggnad av en kompletterande svartvatten/urinvattenledning där man bibehåller ett befintligt kombinerat system (utan svartvattendelen t.ex.).

I kalkylmodell V, V3 och S kan man välja typ av område. För nyexploatering i område där det inte tidigare finns va-ledningar rekommenderas typ 3 ytterområde.

Kalkylmodell E är betydligt enklare och tar bara hänsyn till en kostnad per meter och systemtyp som är generell och kan justeras själv samt schaktlängd per ha och systemtyp. Här kan man justera upp eller ner priset per meter samt schaktlängd per ha för att kunna simulera alla exempel ovan på ett enklare sätt. Man kan också genom att man kan ändra exploatering och meterpris simulera olika typer av

ledningssystem. Kalkylmodell E använder dock samma underhållskostnad för samtliga strukturer.

### 1) Kalkylmodell V

Denna kalkylmetod förutsätter att man har ledningsdragningarna och vissa förhållanden relativt klart för sig.

Parameter	
Sträcka	Längd på ledningssträcka anges
Dimension	0 -<500 mm och 500 -<1000 mm matas in i mm
Medeldjup i schakt	0-3,6 m djupt
Typ av område	1) Citybebyggelse 2) Citybebyggelse med spårväg 3) Ytterområde
Bergschakt	Ja eller nej

Parameter sträcka dimension, medeldjup i schakt och typ av område ger ett investeringsbelopp per meter för aktuell sträcka enligt nedanstående ekvationer där  $y$  = investering i kr/m och  $x$  är läggningsdjupet i meter.

<500				<1000mm			
Områdestyp stadsmjö utenspåraväg	1/D<500	$y = 3946,4x^2 - 16286x + 21140$	$R^2 = 0,9898$	1/D<1000	$y = 4590x^2 - 18275x + 25202$	$R^2 = 0,9865$	
Områdestyp stadsmjö med spåraväg in till	2/D<500	$y = 8067x^2 - 31421x + 41626$	$R^2 = 0,9901$	2/D<1000	$y = 12100x^2 - 47132x + 62438$	$R^2 = 0,9901$	
Områdestyp utom citybebyggelse (ytterområden)	3/D<500	$y = 3111,6x^2 - 12120x + 16056$	$R^2 = 0,9901$	3/D<1000	$y = 2074,4x^2 - 8079,8x + 10704$	$R^2 = 0,9901$	

Vid bergschakt multipliceras investeringskostnaden med 1,8 [referens]

Investeringskostnaden beräknas genom att meterkostnaden multipliceras med ledningslängden.

### 2) Kalkylmodell V3

Då vi har ännu en ledning i schakten så ökar kostnaderna. I grundutförande är investeringskostnaden 10% högre. Justerbart.



## Bilaga A

### 3) Kalkylmodell S

Denna kalkyltyp förutsätter liksom den förra att man har ledningsdragningarna och vissa förhållanden relativt klart för sig.

#### Ekvationer

<500				<1000mm			
Områdestyp stadsmiljö utanspåraväg	1/SVV/<500	$y = 2535,3x^2 - 9875,3x + 13082$	$R^2 = 0,9901$	1/SVV/<1000	$y = 3803x^2 - 14813x + 19623$	$R^2 = 0,9901$	
Områdestyp stadsmiljö med spåraväg intill	2/SVV/<500	$y = 4609,7x^2 - 17955x + 23786$	$R^2 = 0,9901$	2/SVV/<1000	$y = 6914,6x^2 - 26933x + 35679$	$R^2 = 0,9901$	
Områdestyp utom citybebyggelse (ytterområden)	3/SVV/<500	$y = 1843,9x^2 - 7182x + 9514,4$	$R^2 = 0,9901$	3/SVV/<1000	$y = 2765,8x^2 - 10773x + 14272$	$R^2 = 0,9901$	

### 4) Enklare kalkyl E

Den enklare ledningsnätskalkylen skall användas då man inte har någon direkt uppfattning om ledningsstråken utan endast har ytan som skall beräknas klart för sig.

Parameter	
Ledningsnät per yta	100 [m/ha]
Medelkostnad för nyläggning eller renovering	5 000 [kr/m]

De värden som är satta kan ändras i kalkylen om man anser att man kommer ha ledningar tätare eller glesare än 100 m/h och/eller en lägre eller högre investeringskostnad per meter. Om man skall erhålla skillnader mellan olika systemstrukturer måste en skillnad i meterpris eller ledningsnät per yta ansättas per systemstruktur vilket är möjligt i modellen.

#### B. DRIFTKOSTNADER

Driftkostnaderna för ledningsnätet beräknas från indata med driftkostnad per år och meter. Redovisning av driftkostnader på detta sätt finns i svenskt Vattens VASS statistik och 6-stads gruppens statistikredovisning [ref].

Parameter	
Driftkostnad avloppsledning	20 [kr/m,år]
Driftkostnad svartvattenledning	30 [kr/m,år]

Om beräkningsmetod S valts så beräknas driftkostnaden utifrån driftkostnad för svartvattenledning annars beräknas den utifrån nylagd avloppsledning.

## Pumpstationer

### A. INVESTERINGSKOSTNADER

Investeringskostnader för pumpstationer varierar stort med storleken och andra förhållanden som t.ex. geoteknik, fysisk plats de byggs på med mera.

Investeringskostnad för spillvattenpumpstation har antagits till 450 000 kr/st i medel. Investeringskostnaden är variabel.

Investeringskostnad för svartvattenpumpstation finns det lite underlag kring då det inte är byggda i någon stor omfattning. Investeringskostnad har antagits till 500 000 kr/st i medel. Investeringskostnaden är variabel.

### B. DRIFTKOSTNADER

Driftkostnader för pumpstationer varierar med ålder på pumpstationen, typ av anslutet område med mera. Driftkostnaden för svartvattenpumpstationer har antagits vara ca 25% högre för svartvattenpumpstationer än för spillvattenpumpstationer.

Driftkostnad pumpstationer konventionella 40 000 kr/st och år

Driftkostnad pumpstationer svartvatten 50 000 kr/st och år

## Dagvattenreningsanläggningar

Modellen ger möjlighet att välja behandling av dagvatten i ingen av, en av eller en kombination av följande behandlingsmetoder:

- Dagvattendamm
- Filterkassetter i dagvattenbrunnar
- Markbädd

Beräkningen utgår från den hårdgjorda ytan som finns i området samt om området är att betrakta som att vara stadsbebyggelse eller glesare exploaterat område.

Den totala hårdgjorda ytan anges liksom typ av område. För dagvattenbehandling väljs procentandel av den hårdgjorda ytan som behandlas i de olika anläggningarna.

### A. INVESTERINGSKOSTNADER

Det finns mycket få uppgifter tillgängliga beträffande dagvattenreningsanläggningar byggda i Sverige. Nedan presenteras uppgifter för några anläggningar:

**Tabell 1: Uppgifter dagvattenreningsanläggningar**

Anläggning	År	Anläggningstyp	Yta (ha)	Kostnad (SEK)	SEK/m <sup>2</sup>
Kolardammen (Tyresö)	-	damm + våtmark	1 – 1,8	3 300 000	236
Flemingsbergs-viken	1997	damm + våtmark	18	4 500 000	25
Vigelsjö	1999	damm	0,7	3 400 000	486

## Bilaga A

(Norrtäljeån)					
Järnbrottsdamm en Göteborg	1996	damm			3000
Välendammarna Göteborg	2000	Damm + våtmark			1200

Från tabellen ovan kan man se att det finns en stor kostnadsvariation och att det finns för litet underlag för att få fram någon tillförlitlig kostnadsrelation. Tills ytterligare underlag finns tillgängligt föreslås följande relationer:

Kostnad/m<sup>2</sup> för damm i stadsbebyggelse: 2500 SEK/m<sup>2</sup>

Kostnad/m<sup>2</sup> för damm i glesare exploaterat område: 600 SEK/m<sup>2</sup>

För dammar har antagits ett medeldjup om 1 m och en erforderlig yta om 250 m<sup>2</sup>/ha hårdgjord yta, REF [39].

Kostnad/st för filterkassetter för dagvattenbrunnar varierar men har tills vidare ansats till 500 SEK/st.

För filterkassetter har antagits att det erfordras 10 filterkassetter per ha hårdgjord yta då filterkassetter i rännstensbrunnar enligt boken Gatan inte skall belastas med mer än 800-1000m<sup>2</sup> REF [38].

Vilken yta som erfordras för markbäddar beror bl.a. av markmaterial och bäddmaterial. Uppmätt infiltrationskapacitet i mjukmark (gräsmattor o dy) uppvisar mycket stor variation, mellan 50 och 500 mm/tim. Om man antar 200 mm/tim så motsvarar det ju flödet  $0,2/3600 = 0,000055$  m<sup>3</sup>/s·m<sup>2</sup>. Då skulle det behövas  $0,05/0,000055 = 900$  m<sup>2</sup>/ha med förutsättningar enligt ovan. Man skall nog inte räkna med mindre än 100 m<sup>2</sup>/ha. I modellen har vi utgått från 250 m<sup>2</sup>/ha.

Kostnad/m<sup>2</sup> för markbädd i stadsbebyggelse: 2000 SEK/m<sup>2</sup>

Kostnad/m<sup>2</sup> för markbädd i glesare exploaterat område: 400 SEK/m<sup>2</sup>

För markbäddar har antagit att det erfordras 1000 m<sup>3</sup>/ha hårdgjord yta

### B. DRIFTKOSTNADER

Det finns bristfälligt underlag på driftkostnader för dammar. Genom analys av driftkostnader för Göteborgs va-verks dagvattendammar har det framkommit att dessa har en driftkostnad på ca 20 SEK/m<sup>3</sup>, år för öppna dammar som ansättes tills säkrare data kan erhållas.

Även för filterkassetter är underlaget bristfälligt. Absorptionsmaterialet i filterkassetterna bör uppskattningsvis bytas vart 3:e år. För tillsyn uppskattas tillsyn minst 2 ggr per år vara erforderligt. Om man antar att utbytet kostar 100 kr i material och 200 kr i arbetskostnad per gång ger detta en årlig kostnad av 100 kr. Tillsynen kan antas ta ca 0,5 timme per tillfälle vilket med en arbetskostnad om 400 kr/timme ger en total underhållskostnad per år inklusive utbyte av absorptionsmaterial var tredje år om 500 kr/år.

För markbädd antages en underhållskostnad om 0kr/st, år då dessa sällan eller aldrig underhålls. Vid driftproblem bytes dessa ut.

### Konventionell avloppsrening

Avloppsreningsprocesserna består av mekanisk, biologisk och kemisk rening exkl kväverening.

#### A. INVESTERINGSKOSTNADER

Kostnadsparametern för investeringskostnad för avloppsrening är hämtad från Ref [2]<sup>2</sup>:

$$C = 579\,150 K^{0,55}$$

Där K = spillvattenmängd (m<sup>3</sup>/d) och C = Total investeringskostnad (SEK).

Kostnadsformeln innehåller två alternativ: 1) nybyggnad 2) utbyggnad. Vid nybyggnad beräknas kostnaden utifrån den totala kapaciteten. Vid utbyggnad blir investeringskostnaden skillnaden mellan nybyggnadskostnaden för framtida total kapacitet och nybyggnadskostnaden för befintlig kapacitet.

#### B. DRIFTKOSTNADER

Kostnadsparametern<sup>3</sup> för driftskostnader är också hämtad från Ref [2]:

$$D = 9\,000 K^{0,57}$$

Där K = spillvattenmängd (m<sup>3</sup>/d) och D = driftskostnader (SEK/år).

### Kväverening

#### *Konventionell biologisk kvävereningsteknik*

Parametrarna nedan avser ”konventionell” biologisk kvävereningsteknik (nitrifikation i biobädd eller aktivt slam-anläggning i kombination med för- eller efterdenitrifikation) och är hämtade från REF [29].

Enligt Ref [29] är kostnadsparametrarna för kväverening främst baserade på statistik från CEMIR och de verk som angivit investeringskostnader för utbyggnader, data från VBB-VIAKs rapport till Naturvårdsverket (Naturvårdsverket, 1996) och synpunkter från Peter Balmér (Balmér, 1999). Gamla data har räknats upp till 2003 års värden. Spridningen i data mellan olika verk är helt naturligt mycket stor, beroende på helt olika förutsättningar.

---

<sup>2</sup> Kostnadsparametrarna bygger på faktiska kostnader från slutet av 1970-talet, som är uppräknade till 1999 års prisnivå.

<sup>3</sup> Kostnadsparametern bygger på Driftskostnader avlopp – DRIVA 1998. I Ref [8] anges ”erfarenhetsmässigt ligger kostnaderna för ett modernt konventionellt avloppsreningsverk idag normalt kring 1 kr per m<sup>3</sup>”. Denna kostnadsparameter ger högre värden än den använda vilket kan bero på att även kväverening och slamhantering ingår i Ref [8].

## A. INVESTERINGSKOSTNADER

$$\text{Investeringskostnad (1)} = 5\,000 + 0,22 \times \text{antal pe} \quad [\text{kkkr}]$$

$$\text{Investeringskostnad (2)} = 5\,000 + 115 \times \text{ton } N_{\text{red}} \quad [\text{kkkr}]$$

Investeringskostnaden räknas sedan som ett medelvärde av dessa två.

## B. DRIFTKOSTNADER

$$\text{Driftskostnad (1)} = 270 + 0,014 \times \text{antal pe} \quad [\text{kkkr/år}]$$

$$\text{Driftskostnad (2)} = 270 + 9 \times \text{ton } N_{\text{red}} \quad [\text{kkkr/år}]$$

Driftskostnaden räknas sedan som ett medelvärde av dessa två.

### ***Kväverening av rejektivatten i en satsvis biologisk reningsanläggning (SBR)***

Detta kan vara en alternativ eller kompletterande process till den konventionella kvävereningen ovan. Nedanstående parametrar är hämtade i Ref [2].

## A. INVESTERINGSKOSTNADER

RVF presenterar följande uppgifter i Ref [9].

**Tabell 1: Investeringskostnader lakvattenbehandling**

Behandling	Kapacitet	Investeringskostnad
Fällning	40 000 m <sup>3</sup> /år	1 – 1,5 MSEK
Ammoniak stripping	40 000 m <sup>3</sup> /år	3 MSEK
SBR	40 000 m <sup>3</sup> /år	2 – 2,5 MSEK

Med dessa uppgifter som utgångspunkt erhålls följande formel för investeringskostnad för lakvattenbehandling:

$$C = 1\,500 K^{0,7}$$

Där C = investeringskostnad (SEK) och K = kapacitet (m<sup>3</sup>/år)

## B. DRIFTKOSTNADER

Baserat på uppgifter från Ref [9] uppskattas driftkostnader för rejektivatten- / lakvattenbehandling till 13 SEK/m<sup>3</sup>.

## Rötning och slamhantering

### *Rötning av spillvattenslam och/eller matavfall*

#### A. INVESTERINGSKOSTNADER

Ref [2] hämtar underlag ifrån STOSEB (Ref [10] och föreslår följande uttryck för investeringskostnad för en rötningsanläggning:

$$C = 46\,000 K^{0,74}$$

Där C = total kostnad (SEK) och K = årskapacitet (ton slam/avfall)

#### B. DRIFTKOSTNADER

Enligt samma källa följer behandlingskostnaden funktionen

$$D = 111\,000 K^{0,5} \text{ SEK/år}$$

där D = årlig driftskostnad (SEK) och K = årskapacitet (ton slam/avfall)

### *Rötning och hygienisering av svartvatten*

För denna anläggning har en kostnadsparameter tagits fram byggd på underlag från danska biogasanläggningar med flytgödsel som huvudinflöde. Ref [23], [24].

#### A. INVESTERINGSKOSTNADER

Investeringskostnaden beräknas till 205 000 kronor per m<sup>3</sup>/dag

#### B. DRIFTKOSTNADER

Driftskostnaden beräknas till 18 000 kronor/år per m<sup>3</sup>/dag

## Återvinningsprocesser

Återvinningsprocesserna finns beskrivna i bl.a. Ref [ 8], Ref[17], Ref[31] och Ref[32].

### *RO-process*

Spillvattnet efter förbehandling behandlas med omvänd osmos (Reversed Osmosis = RO). Koncentratet från RO kan använd till gödning.

#### A. INVESTERINGSKOSTNADER

Ref [9] anger en investeringskostnad på 700 tkr för en volym av 16 m<sup>3</sup> per dygn, dvs 44 000 kr per m<sup>3</sup> dygnsflöde. Denna parameter ger troligen för höga kostnader för en fullskaleanläggning, men eftersom data från sådana saknas behåller vi denna parameter tills vidare.

#### B. DRIFTKOSTNADER

Driftskostnaden för provanläggningen beräknades till 13 000 kr per m<sup>3</sup> dygnsflöde. Se kommentar ovan



### ***UASB-reaktor***

UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) är en biologisk reningsteknik som omvandlar organiskt material till biogas, koldioxid. Se bl.a. Ref [20].

#### A. INVESTERINGSKOSTNADER

För närvarande saknar jag underlag för kostnadsuppskattningar på grund av tidsbrist. Tekniken är dock allmänt förekommande så datafinns

#### B. DRIFTKOSTNADER

Se ovan

### ***Aqua Reci-process***

Rötslammet från avloppsreningsverket kan behandlas i en AQUA-RECI-process. Det första steget är SuperCriticalWetOxidation (SCWO) och del två utgörs av utvinning av fosfor och andra produkter ur den oorganiska resten. Fosforprodukten transporteras till konstgödselindustri, askrest till deponi.

Ref [13] redovisar kostnader för Aqua Reci-processer. För Henriksdal beräknas investeringskostnaden till 146 mkr och en driftskostnad på 17,3 mkr/år vid en kapacitet på 94 000 ton 15% slam.

I nedanstående kalkyl använder vi siffrorna från Ref [13] och får följande kostnadsparametrar:

#### A. INVESTERINGSKOSTNADER

Investeringskostnad: 146 000 tkr dividerat med 94 000 ton = 1553 kr/ton 15% slam

#### B. DRIFTKOSTNADER

Årlig driftskostnad; 17 300 tkr dividerat med 94 000 ton =184 kr /ton 15% slam

### ***KREPRO-process***

#### A. INVESTERINGSKOSTNADER

Ref [2] anger endast uppgifter från KREPROs pilotanläggning i Helsingborgs ARV. Anläggningens kapacitet är 300 – 600 kg TS/h (2,6 – 5,2 ton TS/år). Enl Ref [2] bör - om man räknar med alla kostnader (maskiner, bygg mm) - kostnaden för en KREPRO-anläggning ligga i samma nivå som för en förbränningsanläggning. Därför föreslås följande uttryck för att uppskatta investeringskostnaden:

$$C = 160\,000\,K^{0,7}$$

Där C = investeringskostnad (SEK) och K = kapacitet (ton TS /år)

#### B. DRIFTKOSTNADER

## Bilaga A

Ref [2] använder sig av driftkostnaden för KREPRO-metoden från Helsingborgsanläggningen om ca 1 200 SEK/ton TS.

### ***Kompostering***

#### A. INVESTERINGSKOSTNADER

Ref [35] - Surahammar - räknar inte med några investeringskostnader för komposteringen. Den kommunala marken är gratis.

#### B. DRIFTKOSTNADER

Driftskostnader enligt Ref [35] beräknas till ca 3 000 kronor/ton avloppsslam/matavfall

### ***Jordproduktion***

#### A. INVESTERINGSKOSTNADER

Jag har räknat med samma kostnadsparameter som för deponi dvs

$$C = 10\,300\, K^{0,76}$$

Där C = Total investeringskostnad (SEK) och K = Kapacitet (ton/år)

#### B. DRIFTKOSTNADER

Med hjälp av Ref [33] har jag beräknat driftskostnaden per ingående ton kompost till 494 kr

### **Långtidslagring - urin**

Urinet transporteras till jordbrukare för långtidförvaring. Vi räknar med större tankar hos jordbrukarna är vid fastigheterna

### ***Urinlagring - Standardtank 60 m<sup>3</sup>***

Urintankar dimensioneras för 1095 l spolvatten per person och år dvs ca 2,3 m<sup>3</sup> per hushåll och år. För långtidslagring används en GAP-tank med kapacitet 60 m<sup>3</sup>. Tömning sker 2 gånger per år. Den årliga kapaciteten blir därmed 120 m<sup>3</sup> och räcker till drygt 50 hushåll.

#### A. INVESTERINGSKOSTNADER

Tankinstallation inkl ledningar beräknas till 100 000 kr. Investeringskostnaden per hushåll blir då 100000/50 = 2000 kr

#### B. DRIFTKOSTNADER

Underhållskostnad/år uppskattas till 2% av investeringskostnaden eller 40 kr per hushåll.

## Förbränningsanläggning

### A. INVESTERINGSKOSTNADER

Ref [2] föreslår följande uttryck för investeringskostnad för en förbränningsanläggning:

$$C = 160\,000 K^{0,68}$$

Där C = total kostnad (SEK) och K = årskapacitet (ton avfall)

### B. DRIFTKOSTNADER

Följande uttryck används för att uppskatta driftkostnader för en förbränningsanläggning:

$$D = 11\,000 K^{0,7}$$

Där D = Driftkostnader (SEK/år) och K = årskapacitet (ton avfall)

## Deponi

### A. INVESTERINGSKOSTNADER

Ref [2] bygger på nybyggda deponier under perioden 1990-2000. Detta leder till kostnadsparametern

$$C = 10\,300 K^{0,76}$$

Där C = Total investeringskostnad (SEK) och K = Kapacitet (ton/år)

### B. DRIFTKOSTNADER

På samma underlag blir kostnadsparametern för driftkostnader:

$$D = 16\,500 K^{0,54} \text{ SEK/år}$$

där D = Driftkostnader (SEK/år) och K = årskapacitet (ton avfall)

## Transporter från anläggningar

### A. INVESTERINGSKOSTNADER

#### a) Avfall:

För körsträcka  $\leq 30$  km: 1 sopbil (kostnad ca 1,3 MSEK) tar 3 500 ton/år vilket ger en investeringskostnad på 370 SEK/ton/år.

#### b) Övriga transporter: 80 SEK/ton/år (lastbil med släp)

### B. DRIFTKOSTNADER

- Underhållskostnad/år uppskattas till 5 % av investeringskostnad.
- Bränsleförbrukning: 25 l/100 km för sopbil, 37 l/100 km för lastbil med släp
- Drivmedelskostnaden styrs också av körsträcka

### Kostnadsparametrar

Komponent	Enhet	Investering	Drift underhåll
Kostnad per ton och år			
Till förbränning - sopbil	ton/år	371	19
Till förbränning - lastbil	ton/år	80	4
Till deponi - sopbil	ton/år	371	19
Till deponi - lastbil	ton/år	80	4
Till jordbruk - lastbil	ton/år	80	4
Till konstgödselindustri - lastbil	ton/år	80	4
Till kompostering - lastbil	ton/år	80	4
Till jordproduktion - lastbil	ton/år	80	4

# ÅRSKOSTNADSKALKYL

## Kalkylränta

Kalkylräntan anges under fliken Kalkylbeskrivning. Samma kalkylränta används för samtliga komponenter.

## Avskrivningstider

I modellen finns fördefinierade avskrivningstider på systemkomponentnivå utgående ifrån bestämd mix av ingående underkomponenter. Dessa avskrivningstider framgår under fliken Kalkyl längst ner. Användaren kan ändra avskrivningstiden om så anses önskvärt. För egna systemkomponenter - se flik Egna komponenter måste avskrivningstid alltid anges.

De inlagda avskrivningstiderna är följande:

Typ av investering	Avskrivningstid - standard - antal år
Fastigheter	30
Transporter från fastigheter	15
Ledningsnät	50
Pumpstationer	25
Dagvattenanläggningar	50
Konventionell rening	30
Kväverening	50
Rötning och slamhantering	30
Återvinningsprocesser	25
Långtidslagring - urin	50
Förbränning	30
Deponi	50
Transporter från anläggningar	15

## REFERENSER

- [1] Bygganalys AB, 2000, "Bygganalys prisbok 00", Bygganalys AB, Stockholm.
- [2] Ramirez, José-Ignacio, 2001: Kostnadsmodell URBAN WATER Slutrapport Stockholm 2001-01-22. VBB-VIAK Uppdr.nr 1140132.
- [3] Hellström, Daniel: System structures – System Analysis of Treatment Scenarios for Hammarby Sjöstad. Arbetsmanus. 20040116
- [4] Olin, Bo: Kostnadsjämförelse mellan alternativa VA-system för Surahammar. Delrapport – Urban Water, Naturekonomihuset, Stockholm 2003-11-04
- [5] Karlberg T, Norin E., 1999, "Köksavfallsskvarnar – effekter på avloppsreningsverk", VA-Forsk rapport 1999-09, Stockholm.
- [6] Malmqvist et al, 1997, "Hammarby Sjöstad, Utredning avseende Va-system mm", VBB VIAK, Göteborg.
- [7] Naturekonomihuset 1998 : "Utvärdering av olika VA-system ur fyra perspektiv: finansiellt, organisatoriskt, brukarmässigt och naturekonomiskt". Rapport 1998:61 Naturekonomihuset, Stockholm
- [8] Naturvårdsverket/URBAN WATER, 2002, "System för återanvändning av fosfor ur avlopp", Underlag till aktionsplanen Bra slam och fosfor i kretslopp. Rapport No 5221 Naturvårdsverket.
- [9] Hellström, Daniel, 2003: PM ang Svartvattensystem i Hammarby Sjöstad. Internt PM 2004-03-22, Stockholm Vatten
- [10] STOSEB, 1998, "Avfall & Energi, en kunskapssammanställning", Storstockholms Energi AB, Stockholm
- [11] SNV 1987, SNV PM 1965 Slutrapport för SWEP-projekten Biologiskt – kemiskt rening av kommunalt avloppsvatten, Statens Naturvårdsverk, januari 1987, Stockholm.
- [12] SwedEnviro rapport nr 2001:1: "Marknadsöversikt – Extremt snålspolande toaletter" Februari 2001
- [13] Aqua Reci. Etapp 1. Ett samarbetsprojekt mellan Käppalaförbundet, SYVAB och Stockholm Vatten. Uppdraget utfört av Chematur Engineering och Feralco. Rapport nr R nr 12-2003.

- [14] Tagesson, Torbjörn, 2003: "Kapitalkostnadsredovisning inom VA-branschen i Sverige" VA-Forsk Rapport nr 25 april 2003.
- [15] Kärrman et al 2001: "Köksavfallskvarnar – en teknik för uthållig resursanvändning?" En förstudie i Göteborg VA-Forsk Rapport 2001-02. VAV AB i samarbete med Renhållningsverksföreningen (RVF)
- [16] Olsson, Lars-Erik, Anox AB; Nordberg, Åke, JTI; Edström, Mats, JTI; Hellström, Daniel, Stockholm Vatten: Projekt Hammarby Sjöstad. Anaerob behandling av avloppsvatten. Förstudie-Processrapport. Lund 2001-06-08
- [17] Bergström, Rune/Bjurhem, Jan-Erik/Ek, Mats, IVL; Björlenius, Berndt/Hellström, Daniel, Stockholm Vatten: Koncentrering av närsalter från urin och rejektivatten från rötning av avloppsslam. Stockholm Vatten R nr 31 december 2002.
- [18] Svensson, Gilbert et al 2003: "Systemanalys Vasastaden i Göteborg – avloppsvattensystemet." VA-verket Göteborg/Urban Water. Manus, arbetsmaterial
- [19] Ljunggren, Olle, 2002: "Överledning av svartvatten till Ryaverket genom separata ledningar i tunnelsystemet – översiktlig teknisk och ekonomisk bedömning" Gryaab Rapport nr 2002:4.
- [20] Björlenius, B o Hellström, D: "Evaluation of different treatment methods for energy and nutrient recovery in a pilot plant in Hammarby Sjöstad – a description". Paper.
- [21] Kärrman,Erik, Lundqvist,Anders o Dammerberg,Jan: "Svartvattensystem i Hammarby Sjöstad" Förstudie och principförslag. Stockholm Vatten/Scandiaconsult. SV Rapport 10-2003. Stockholm 2003-08-07
- [22] Hellström,D, Baky, A, Palm, O, Jeppsson, U, Palmquist, H: "Comparison of Resource Efficiency of Systems for Management of Toilet Waste and Organic Household Waste". Second Int. Sympos. Ecological Sanitation, April 7-11, 2003, Lübeck, Tyskland.
- [23] Hjort-Gregersen, Kurt, 1998: "Biogasfaellesanlaeg". Ökonomiske resultater og analyser. Statusrapport 1998. Statens Jordbrugs- og Fiskeriökonomiske Institut november 1998.
- [24] Altener Projekt 1999-2000: "OPTI-gas" Studie av infrastruktur för biogas som fordonsbränsle från energigröda, gödsel och organiskt avfall, med optimal re-cirkulation av näringsämnen. Rapport fas III. Växjö Kommun December 1999.

- [25] Hellström, D., Jonsson, L., Sjöström, M.: "Bra Små Avlopp. Slutrapport. Utvärdering av 15 enskilda avloppsanläggningar". Rapport nr 13, juni 2003. Stockholm Vatten.
- [26] <http://www.fordonsgas.se> Om biogasanläggningar och biogasekvivalenter
- [27] <http://www.sbgf.org> Om biogasanläggningar och biogasekvivalenter
- [28] Underlag från kalkylator Nils Moberg på Rörman Installation, Västerås
- [29] Mats Ek Mikael Olshammar Magnus Rahmberg Ulrika Bark, 2004: Underlag för val av policy för krav på kväverening i avloppsreningsverk i södra Sverige. IVL Rapport/report B1522. Stockholm, December 2003
- [30] Olin, Bo: Kostnadsjämförelse mellan alternativa VA-system för Hammarby Sjöstad. Delrapport – Urban Water, Naturekonomihuset, Stockholm 2004-04-23
- [31] Hultman, Bengt/Levlin, Erik/Löwén, Monica/Mossakowska, Agnes/Stark, Kristina: Utvinning av fosfor och andra produkter ur slam och aska. Slutrapport. Avd. för Vattenvårdsteknik, KTH/Stockholm Vatten AB. Februari 2002
- [32] Hultman, Bengt/Levlin, Erik/Löwén, Monica/Plaza, El'zbieta/Trela, Józef: Samverkan mellan avloppsvattenrening och slambehandling. Utg av Svenskt Vatten. VA-FORSK Projekt nr 97-136. Stockholm i juli 2004
- [33] <http://www.agf.u.se> Om jordproduktion, företaget AROS Grusförädling
- [34] Telefonintervju med Gustavsberg (2003)
- [35] Intervjuer med ansvariga inom Suratek, Surahammar (2003)
- [36] Intervjuer med ansvariga inom Stockholm Vatten (2004)
- [37] Björlenius, Berndt: Lokalt reningsverk för Hammarby Sjöstad - etapp I. Projektöversikt. Internt PM. Stockholm Vatten 14 oktober 2003.
- [38] GATAN - Handbok i gatubyggnad. AB Byggmästarens förlag i samverkan med Svenska Kommunal-Tekniska Föreningen och Byggforskningen. Stockholm 1969.
- [39] Pettersson, Thomas J. R. (1999). Stormwater Ponds for Pollution Reduction, Doktorsavhandling nr. 14, Inst. för VA-teknik, Chalmers tekniska högskola, Göteborg.



## **Bilaga B: Kostnadsmodell (se separat Excelfil)**



Box 47607 117 94 Stockholm

Tfn 08 506 002 00

Fax 08 506 002 10

E-post [svensktvatten@svensktvatten.se](mailto:svensktvatten@svensktvatten.se)

[www.svensktvatten.se](http://www.svensktvatten.se)