

Alternativa avlopps- system i Bergsjön och Hamburgsund. Sammanfattande slutrapport från ECO-GUIDE-projektet

***Per-Arne Malmqvist
Majlis Stenberg***



7 • 8

Utgiven av VAV AB

**VA-FORSK
RAPPORT
1997 • 8**

VA-FORSK

VAV

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 en krona per kommuninnevånare och år. Avgiften är frivillig och intresset från kommunernas sida har varit mycket stort. Nästan alla kommuner är med i programmet, vilket innebär att budgeten årligen omfattar drygt åtta miljoner kronor.

VA-FORSK initierades gemensamt av Kommunförbundet och VAV. Verksamheten påbörjades år 1990. Programmet lägger tonvikten på tillämpad forskning 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 utsetts gemensamt av VAV och Kommunförbundet. Kommittén är underställd VAVs styrelse. Under perioden 1993-1995 har kommittén följande sammansättning:

| | |
|--------------------------------------|--------------------------|
| Hans Mattsson, ordförande | Södertälje |
| Professor Peter Balmér | GRYAAB, Göteborg |
| Driftchef Sture Bergström | Gatukontoret, Skellefteå |
| Enhetschef Bengt Göran Hellström | Stockholm Vatten AB |
| Kommunalråd Nina Jarlbäck | Eskilstuna |
| Tekn chef Peeter Maripuu | Lysekil |
| Ledamot i KS o KF Håkan Mattsson | Ystad |
| Ledamot i KS Åsa Möller | Sundsvall |
| VA-chef Bengt L Persson | VA-verket Malmö |
| Sektionschef Jan Söderström | Sv kommunförbundet |
| VD Håkan Westerlund | VAV |
| Forskningschef Jan Falk, sekreterare | VAV |

Författarna är ensamma ansvariga för rapportens innehåll, varför detta ej kan åberopas såsom representerande VAVs ståndpunkt.

VA-FORSK
VAV AB
101 53 STOCKHOLM
Tel: 08-677 25 70
Fax: 08-677 25 75

Servicebolag till Svenska Vatten- och Avloppsvetksföreningen

***Alternativa avlopps-
system i Bergsjön och
Hamburgsund.
Sammanfattande
slutrapport från
ECO-GUIDE-projektet***

***Per-Arne Malmqvist
Majlis Stenberg***

**VA-FORSK
RAPPORT
1997 • 8**



VAV

VA-FORSKs rapportserie

| | |
|--|---|
| Rapportens titel: | Alternativa avloppssystem i Bergsjön och Hamburgsund. Sammanfattande slutrapport från ECO-GUIDE-projektet |
| Title of the report: | Alternative sewage systems in Bergsjön and Hamburgsund. Summary report from the ECO-GUIDE project |
| Rapportens beteckning Nr i VA-FORSK-serien: | 1997-8 |
| ISSN-nummer: | 1102-5638 |
| ISBN-nummer: | 91-88392-27-9 |
| Författare: | Per-Arne Malmqvist, VBB Viak AB, Majlis Stenberg, VBB Viak AB |
| Utgivare: | VAV AB |
| VA-FORSK projekt nr: | 94-102 |
| Projektets namn: | ECO-GUIDE - Analys- och planeringsverktyg för avloppshantering |
| Projektets finansiering: | VA-FORSK, Byggeforskningsrådet, Forskningsrådsnämnden |
| Rapporten beställs från: | AB Svensk Byggtjänst, Litteraturtjänst, 113 87, Stockholm, tel 08-457 11 00 |
| Rapportens omfattning Sidantal: | 88 |
| Format: | A4 |
| Upplaga: | 1200 |
| Sökord: | Avlopp, avloppssystem, alternativ, utvärdering, miljökonsekvensbeskrivning, MKB, livscykelanalys, LCA, riktninganalys |
| Keywords: | Sewage, sewage systems, alternatives, evaluation, Environmental Impact Assessment, EIA, Life Cycle Assessment, LCA |
| Sammandrag: | Rapporten beskriver avloppssystemen i Bergsjön, Göteborg och Hamburgsund, Tanum. För vardera området har planerats två alternativa avloppssystem. För vart och ett av alternativen värderas systemens konsekvenser för i första hand miljön med hjälp av riktninganalys, miljökonsekvensbeskrivning och livscykelanalys. |
| Abstract: | The report describes the present sewage systems in Bergsjön, Göteborg and Hamburgsund, Tanum. Two alternative systems are planned for each area. The alternatives are evaluated regarding consequences for the environment, using so called direction analysis, environmental impact assessment, and life cycle assessment. |
| Målgrupper: | Kommunala VA-planerare Tillsynsmyndigheter Forskare |
| Utgivningsår: | 1997 |
| Pris 1997: | 150 kr, exkl moms |

SAMMANFATTNING

ECO-GUIDE-projektet har syftat till att studera metoder för värdering av alternativa avloppssystem. Två olika områden har studerats - förorten Bergsjön i Göteborg och samhället Hamburgsund i Tanums kommun. För vardera området har jämförts tre olika avloppssystem: a) det nuvarande systemet med ledningar och reningsverk, b) ett system med lokal behandling av avloppsvattnet i filterbäddar och våtmarker, samt c) ett system med separering av urin, fekalier och BDT-vatten. De olika systemen har värderats med tre metoder: Riktninganalys, Miljökonsekvensbeskrivning samt Livscykelanalys.

Två slags resultat har kommit ut från projektet. Dels kan slutsatser dras angående vilka miljöeffekter de studerade avloppssystemen ger, dels belyses användningen av de tillämpade värderingsmetoderna.

Från jämförelsen av de tekniska systemen finns en stor mängd delresultat redovisade, delvis motstridiga. Från miljösynpunkt, när det gäller utsläpp av föroreningar till vatten, luft och mark samt hushållning med näringsämnen, kommer det källsorterande alternativet väl ut såväl i Bergsjön som i Hamburgsund. Från energisynpunkt är det befintliga systemet i Bergsjön överlägset alternativen genom den energiåtervinning som finns vid reningsverket. I Hamburgsund finns inga ekonomiska eller tekniska förutsättningar för energiåtervinning. Kostnaden per capita för investeringarna är lägre i det befintliga systemet i Bergsjön jämfört med de alternativa avloppssystemen främst beroende på skaleffekter. Driftkostnaderna är däremot lägre i de alternativa systemen jämfört med befintligt system. I Hamburgsund har det lokala alternativet, med filterbäddar och våtmark, de lägsta såväl anläggnings- som driftkostnaderna.

Resultaten är i hög grad beroende på såväl valet av orter att studera, som de valda tekniska alternativen. Dock kan några generella slutsatser påpekas:

Skalans betydelse. VA-system i stor skala (Bergsjön) är betydligt energisnålare än mindre anläggningar (Hamburgsund), oavsett vilket systemalternativ som betraktas. Kostnaderna för anläggningar och drift är också lägre i stora system.

Energianvändningens betydelse. Återvinningen av energi har stor betydelse för miljöbedömningarna. Värmepumpar till exempel utnyttjar de stora värmemängderna i avloppsvatten. Energianvändningen under systemens driftskede är större än under investeringsskedet. Transportarbetet är av stor betydelse särskilt i källsorterande system där fraktionerna transporteras och behandlas var för sig.

I projektet har värderingsmetoderna jämförts. En LCA ger mer information om energianvändning och global påverkan än en MKB. En MKB behandlar däremot den lokala miljön på ett mer detaljerat sätt. Riktninganalysens resultat visade att de begränsade inledande fakta som låg till grund för analysen var tillräckliga för att ge en första uppfattning om skillnaderna i miljöpåverkan mellan alternativen i projektet.

SUMMARY

The aim of the ECO-GUIDE project has been to develop and apply planning and evaluation tools for waste water systems. In the project two different urban areas were studied: Bergsjön - a suburb of Göteborg, and Hamburgsund - a small coastal village. In each area three different waste water systems were studied, a) the existing system with conventional piping and treatment, b) a local alternative with sand filter beds and wetlands, and c) a system where waste water is separated into urine, faeces and grey water. The different wastewater systems have been compared and evaluated using different approaches: Analysis of Direction, Environmental Impact Assessment (EIA) and Life Cycle Assessment (LCA).

Conclusions were drawn concerning a/ environmental effects of the chosen waste water system and b/ the application of different evaluation methods.

Concerning the environmental effects the "separating" waste water system turned out to be the best choice both in Bergsjön and in Hamburgsund. Discharges of nutrients and polluting substances to air, water and land were minimised and the nutrients were recycled. From an energy point of view the existing system in Bergsjön was favourable due to the recovery of heat and production of biogas. In Hamburgsund there were no economical or technical prerequisites for energy recovery. The investment costs per capita were lower in the existing system in Bergsjön than in the alternative systems. The costs of operation were, on the contrary, lower in the alternative systems. In Hamburgsund the costs for both investment and operation were lowest in the "local" waste water alternative.

The results are to a great extent dependant on the choice of areas to be studied and the chosen technical solutions. However some general conclusions were made:

Importance of the scale. Large waste water systems (like Bergsjön) use less energy per capita than small systems (like Hamburgsund). Investment and operation costs are also lower in a large scale system.

Importance of use of energy. Recovery of energy is an important factor for environmental considerations. Heat pumps for example utilise the large amounts of heat in waste water. Energy consumption during the operational phase is larger than the energy consumption for the manufacturing of components in the waste water system (investment phase). The energy use for investments is however not negligible when studying systems with many components.

Within the project three evaluation methods have been compared. An LCA is applicable especially when studying energy use and environmental impact on a global level. An EIA is useful when describing environmental impact on a local level. The results from the simplified Analysis of Direction produced similar results as the more comprehensive evaluation methods.

ETT PERSONLIGT FÖRORD

Per-Arne Malmqvist

Projektets uppkomst - förstudie

Hur börjar ett projekt? - Jag tror att detta projekt uppstod i diskussioner mellan Göran Svensson, Chalmers Industriteknik (CIT), och mig själv någon gång 1992. Göran och jag hade tidigare varit arbetskamrater på VIAK och bland annat arbetat med FoU-projekt både med extern och intern finansiering. Vi hade då som första konsultföretag lyckats få till stånd ett ramavtal med Byggforskningsrådet (BFR) 1988, något som vi var ganska stolta över. I slutet av detta ramprojekt fanns det litet pengar över som vi tyckte borde användas till något som kunde vara konstruktivt för både oss och BFR. CIT hade sedan någon tid arbetat mycket med livscykelanalyser och utvecklat program och databanker för detta. På VBB Viak hade vi börjat fundera på våra tekniska försörjningssystem, hur väl dessa egentligen uppfyllde krav på miljöpåverkan och resurshushållning. Debatten om alternativ till våra avloppssystem började bli allt livligare. Mats Wolgast förde fram tankar om den urinseparerande toaletten, som senare kom i bokform (Wolgast 1993). Det var då inte långt till tanken att vi genom att använda moderna värderingsmetoder, till exempel LCA-metoder, skulle kunna säga en hel del om både de konventionella och de alternativa avloppssystemen.

Byggforskningsrådet godkände i juni 1993 vår begäran att använda VIAKs återstående medel inom ramprojektet till en förstudie, med syftet att göra en projektbeskrivning för ett större projekt på detta tema. Hur namnet ECO-GUIDE uppstod har jag nu i efterhand inte riktigt klart för mig. Från början var det bara ett arbetsnamn, ett sådant där namn som sitter kvar i skrivning efter skrivning och till sist fastnar.

Med pengar och mandat från BFR började vi fundera och skriva, och ordna en serie möten där det blivande projektet stöptes. Medverkande vid ett eller flera av dessa möten var bland andra Peter Balmér, Lars Berggrund, Clas Florgård och Torbjörn Svensson. Dessa personer kom senare att ingå i projektets referensgrupp.

I oktober 1993 var vi färdiga med projektbeskrivningen, och medel för projektet söktes hos BFR och hos VA-FORSK med förslag till hälftindelning av kostnaderna. Trots denna delning tyckte förmodligen båda finansierarna att det blev mycket pengar, och svaren dröjde. Av en händelse råkade jag så träffa Mats Rolén från Forskningsrådsnämnden (FRN) på ett möte på IVA i Stockholm. Jag förklarade projektet för Mats som blev intresserad och bad mig skicka en ansökan. En sådan sändes till FRN i december 1993, och kompletterades med meritförteckningar och annat så att ansökan formellt skulle kunna godtas av FRN (som är mer formella i sådana frågor än BFR och VA-FORSK). Nu blev det då i stället en tredjedel att finansiera för vardera finansieraren, och alltså något lättare att ta beslut. Även hos VA-FORSKs styrelse diskuterades ansökan livligt, har jag hört, men när FRN och BFR beviljade medel under förutsättning att VA-

FORSK gjorde sammalunda, gick de på samma linje och biföll ansökan. Dock hade de vid detta tillfälle inte så mycket disponibla pengar som vi hade begärt, men detta blindskär styrde vi undan genom att dela upp treårsprojektet på fyra år i stället.

I juni 1994 var projektet finansierat och kunde starta.

Projektgruppens arbete

Projektet bestod av tre huvuddelar:

- Förslag till tekniska lösningar och framtagning av fakta,
- Värdering av de föreslagna lösningarna med i huvudsak tre metoder: Riktninganalys, MKB och LCA,
- Jämförelser av de tre separata värderingarna och värderingsmetoderna

Rollfördelningen mellan de tre parterna i projektet var därmed ganska klar. Att ta fram de tekniska lösningarna och alla fakta kring dem var ett uppdrag för konsulterna. Hans Björkman på VBB Viak, Vänersborg, och Majlis Stenberg, VBB Viak Göteborg blev utsedda till detta. Riktninganalysen skulle göras av gruppen gemensamt. Den praktiska delen av MKB-arbetet skulle göras av Ann-Carin Andersson, VBB Viak Jönköping och den teoretiska delen av Erik Kärrman och Gilbert Svensson, Chalmers VA-teknik. Den praktiska LCA-analysen skulle genomföras vid CIT av Mikael Svingby och Henrik Lundström, medan LCA-analysens mer teoretiska delar skulle behandlas av Anne-Marie Tillman, Chalmers Teknisk Miljöplanering. Anne-Marie skulle också, tillsammans med gruppen, ansvara för den metodjämförelse som var den sista delen av projektet. Tidplaner och kostnadsbudgetar gjordes upp, och arbetet startade.

Projektgruppen samlades för genomgångar av arbetet vid ett flertal tillfällen, varvid protokoll fördes vid åtta tillfällen. Dessa möten var alltid konstruktiva. Särskilt givande var nog mötena mellan forskare och konsulter, där olika slags synpunkter på arbetet konfronterades.

Vid två tillfällen ordnade vi tvådagars internatmöten med gott om tid för fördjupade diskussioner samt med inlagda studiebesök med anknytning till projektets tema. Det första internatmötet hölls i Tidaholm i september 1994. Då gick vi igenom de olika tekniska alternativen och de fakta som tagits fram. Mycket tid ägnades åt att lägga en grund för Riktninganalysen, och att genomföra analysen i dess allmänna delar. Efter mycket diskussion bestämde vi oss för att tillämpa de systemvillkor som först formulerats av John Holmberg på Chalmers (Holmberg 1995) och som sedan kommit att användas bl.a. av Det naturliga steget. Dock gjorde vi en indelning av systemvillkoren och konkretiserade dem så att de bättre passade projektets syften. Vi hade också bjudit in Lars Westermark från Tidaholms kommun som berättade om miljövårdsarbetet i

kommunen. Vi gjorde studiebesök till den våtmark som nyligen anlagts för att komplettera reningsverket, och till det lilla samhället Kungslena där det gamla paketreningsverket ersatts av slamavskiljning och våtmarker. Lars lade i sin framställning betydligt större vikt vid betydelsen av människornas engagemang i miljövårdsarbetet än vid hur de tekniska anläggningarna var utformade.

I oktober 1995 besökte vi Lundsbrunn för ett andra internatmöte. Medbjuden hit var också Jim Nilsson från Naturekonomihuset. Arbetet kom till största delen att handla om de utvärderingar som hade gjorts, och hur resultaten skulle tolkas, jämföras och presenteras. Jim berättade hur naturekonomistudien skulle genomföras. En publiceringsplan gjordes upp. Erik Kärrman förde fram en idé om att göra en Delfiundersökning på Chalmers, något som han också gjorde senare. Arbetet finns publicerat (Andersson 1996). Vi hann också med ett studiebesök till Österäng i Götene kommun, där kommunen i stället för att rusta upp ett äldre minireningsverk hade låtit anlägga en damm för att sedan bevattna en energiskog med vattnet. Hela anläggningen drevs av lantbrukaren som hade upplåtit marken. Kommunen betalade honom vad det skulle ha kostat att rusta upp det gamla verket, lantbrukaren gjorde dessutom förtjänst på försäljningen av avverkningen från energiskogen.

Samarbetet med kommunerna

I projektets början diskuterade vi vilka områden vi skulle genomföra studien för. Rätt snart hade vi bestämt oss för Tanum och Göteborg.

Tanum var ett naturligt val eftersom diskussionen om urinseparering fördes här med en viss intensitet. Miljöförvaltningens dåvarande chef, Anders Schönback, förklarade vid ett möte i augusti 1993 att de var intresserade av att delta i projektet. I ett senare möte med tekniske chefen Inge Berntsson och gatuchefen Mats Tillander blev de också intresserade, och föreslog att studien skulle göras för Hamburgsund. Mats var verkligen intresserad av projektet och deltog i flera möten, men hade en i grunden skeptisk inställning till alternativa system, åtminstone som de kommit att presenteras i Tanum. Mats skrev också en tidskriftsartikel (Tillander 1994) där han ifrågasatte de urinseparerande alternativen och lade tillräkta de överdrifter om Tanum som framkommit i pressen.

I Göteborg blev det litet krångligare. Göteborg är uppdelat i stadsdelsförvaltningar, och samråd med dessa är nödvändigt förutom med de centrala förvaltningarna. I stadsdelen Bergsjön hade startats ett större arbete som bland annat syftade till att ge stadsdelen en miljöprofil, men också att på olika sätt arbeta bort de sociala problem som fanns där. Ett utvecklingsprojekt drevs av bland andra Jan-Erik Andersson, Stadsbyggnadskontoret. Genom honom fick vi en del kontakter i stadsdelsförvaltningen, främst Marianne Hermansson, och kunde starta projektarbetet. Göteborgs VA-verk, Bernt Persson och Claes Wångsell, förklarade sig vid ett möte intresserade av att delta i diskussionerna och förse oss med erforderligt va-tekniskt underlag. Bernt och Claes hade en stark övertygelse om att det befintliga systemet i de flesta avseenden var överlägset andra alternativ för tätbebyggelse, vilket Claes också senare visade i en intern utredning (Wångsell 1994). Även om de alltså betraktade ECO-

GUIDE-projektet med en viss skepsis, var de förmodligen säkra på att projektet skulle visa det befintliga systemets överlägsenhet i Bergsjön.

I projektets första del, när vi hade utarbetat de tekniska alternativen och gjort den inledande riktninganalysen, ordnade vi ett informationsmöte i Tanum 16 september 1994 och ett i Bergsjön 22 september. Till dessa möten var såväl politiker som tjänstemän inbjudna. Mötena blev välbesökta, i Tanum deltog 18 personer och i Bergsjön 14 personer. Diskussionen blev vid båda tillfällena tämligen livlig, med åsikter som både stödde och förkastade de alternativ vi hade arbetat fram. Det kan väl tilläggas att såvitt vi vet har inte något av alternativen tagits upp för förslag till genomförande eller vidare utredning. Uppföljningsmöten planeras efter denna rapport.

Referensgruppen

Projektets referensgrupp kom att bestå av de personer som varit med om att utforma projektet från början, det vill säga Peter Balmér Ryaverket, Lars Berggrund Göteborgs stadsbyggnadskontor, Clas Florgård SLU Landskapsarkitektur samt Torbjörn Svensson, Chalmers och Högskolan i Karlstad. Till gruppen knöts också Anders Schönback, i början miljöchef i Tanum men senare projektanställd vid Länsstyrelsen i O län. Till alla möten i referensgruppen bjöd vi också in representanter för finansiärerna. Henrik Graf från BFR deltog i mötena.

Referensgruppen och projektgruppen träffades vid två tillfällen, i augusti 1994 och i september 1995, förutom vid de två tillfällena när en större samling människor var med, se nedan. Vid dessa möten fördes alltid en livlig diskussion, som på flera punkter rättade upp projektet och återförde våra ibland litet vilsegångna tankar till de ursprungliga planerna. Jag tror också att vi gav medlemmarna i referensgruppen en hel del att tänka på under projektets gång. Under mötena diskuterade såväl detaljer som hur mycket energi det går åt att tillverka en toalettstol och hur mycket energi ett vakuumsystem drar, som de viktiga frågorna om hur utvärderingen skulle gå till, vad som kunde räknas som noll-alternativ, hur man skulle betrakta förändringsprocessen etc.

Referensgruppen var också motläsare på koncepten till våra rapporter vilket inte kan ha varit det lättaste på grund av den mängd information som fanns i dem. Särskilt kan nämnas den diskussion vi förde med Peter Balmér, som ju är ansvarig för en viktig del av den verksamhet som vi granskade, nämligen Ryaverket. Peter lade tillräkta och förklarade hur och varför, och vi tror att vi till sist fick en ganska bra bild av hur Ryaverket fungerade år 1993, som var jämförelseår. Hade vi valt ett annat år som jämförelseår hade siffrorna blivit något annorlunda, men knappast slutsatserna. Peter tog också upp en viktig diskussion om hur väl systemen kunde anses vara optimerade, dvs hur rättvisa jämförelserna kunde vara när vi jämförde ett befintligt system som växt fram under många år under skiftande omständigheter med ett system som var konstruerat på skrivbordet och vi alltså kunde göra väl fungerande, eller optimerat, redan från början. Vi svarade att det nya systemet var långt ifrån optimerat, tvärtom var det en alldeles ny teknik som säkert skulle utvecklas och

bli avsevärt bättre allteftersom tillämpningarna blev fler och erfarenheterna större. Ett exempel vi anförde var vakuumsystemen i höghusen, som oss veterligen inte hade prövats någonstans och inte ens diskuterats utanför ECO-GUIDE. I vår första ansats valde vi ett vakuumsystem som drog mycket energi, och som vi sedan bytte ut mot ett energisnålare alternativ. Tyvärr kom den första varianten med i vår första rapport, vilket alltså gjorde att energijämförelsen utföll kraftigt till det urinseparerande alternativets nackdel i den rapporten.

Peter anförde också att förhållandena varierade från år till år, till exempel vad gäller slammets kvalitet. År 1994 hade det i en rännstensbrunn i Härryda dumpats ganska stora mängder kadmiumhaltigt slam, och det gick alltså inte att använda slammets till jordbruksändamål detta år. Ryaverkets målsättning var och är givetvis att kunna få ut allt slam till jordbruket. Hänsyn till detta togs på så sätt att allt slam som 1994 gick till jordbruk, till kompostering och till markarbeten, i LCA-analysen antogs komma till nytta och var det än hamnade ersätta tillförseln av handelsgödsel.

Möten

Inom projektet genomfördes ett *öppet seminarium* på Chalmers i november 1994. Då redogjorde vi ganska ingående för de systemalternativ som vi kommit fram till, för den riktningsanalys som hade gjorts och hur den kommande utvärderingen skulle gå till. I seminariet deltog ett fyrtiotal personer från de mest skilda håll. Diskussionen blev livlig och många sade efteråt att de hade haft stor behållning av seminariet.

Senare i projektet, när MKB- och LCA-utvärderingarna var genomförda och vi hade en första version av "Jämförelserapporten" framme, dvs den rapport där vi jämförde de olika utvärderingsmetoderna, ordnade vi ett "*metodseminarium*" med inbjudna deltagare.

Bakgrunden var att vi i diskussionerna i projektgruppen och även i referensgruppen hade konstaterat att utvärderingen var långt ifrån problemfri, och att många frågor om själva metoderna och om deras tillämpning kunde och måste ställas - och besvaras. På ett referensgruppsmöte bestämde vi sålunda att fråga ett antal experter i Sverige om deras syn på vad vi hade gjort. Vi bestämde också att diskussionen skulle ske på ett seminarium där var och en av experterna fick presentera sina åsikter, följt av en allmän diskussion. Eftersom detta moment inte ingick i projektbudgeten var BFR genom handläggaren Henrik Graf vänligt nog att bevilja extra medel för experternas arbete och för resor och arrangemang.

Tidigt 1996 kontaktades de experter vi hade enats om, och alla förklarade sig intresserade av uppgiften. De experter som vi bjöd in och som deltog i seminariet var, förutom referensgruppens medlemmar Thomas Nybrant SLU, Tuija Hilding-Rydevik FRN, Peggy Lerman Boverket, Peter Söderbaum SLU

och Lars-Gunnar Lindfors IVL. Från BFR deltog Kristina Björnberg. Sammanlagt var vi 21 personer på seminariet, som hölls på Eriksberg i Göteborg i april 1996.

På förmiddagen presenterade projektgruppen sina resultat, och hur vi hade arbetat. Under eftermiddagen fick experterna ge sin kritik på vad vi hade åstadkommit, och lämna sina rekommendationer på hur fortsättningen skulle genomföras och rapporten utformas. Diskussionen som sedan följde blev i mina ögon lätt förvirrad och i sin början ganska okonstruktiv sett från vår synpunkt. Man skulle kunna säga att diskussionen blev en match mellan de som tyckte att MKB var det enda rätta sättet att angripa problemet och de som ansåg att LCA var en mer exakt och vetenskaplig och alltså överlägsen metod. Den kritik som lades på vårt arbete i de förberedda inläggen tog vi dock till oss, och tog hänsyn till när vi skrev slutversionerna av våra rapporter. Särskilt fick vi anledning att revidera MKB-rapporten, så att den bättre sammanföll med gängse uppfattning om vad en miljökonsekvensbeskrivning är.

Annan forskning och utveckling

Vid Institutionen för Systemekologi, Stockholms Universitet och Naturekonomihuset hade en miljöekonomisk teori utarbetats av Sören Bergström (Bergström 1994). Jim Nilsson och Bo Olin blev intresserade av ECO-GUIDE-projektet och såg möjligheter att tillämpa naturekonomiska betraktelsesätt på ECO-GUIDEs exempel för att få intressanta jämförelser. Forskningsmedel söktes och beviljades omsider av BFR och FRN för uppgiften under sensommaren 1995. Genom vår inrådan lades också till en driftsekonomisk studie och en sociologisk studie. Naturekonomistudien har dragit ut på tiden och är inte avslutad när detta skrivs. Preliminära resultat från driftsekonomistudien ingår dock i denna rapport.

Parallellt har i Sverige under de tre år ECO-GUIDE pågått ett flertal FoU-projekt dragits igång inom näraliggande områden. Medlemmar i ECO-GUIDEs projektgrupp deltar i olika roller i flera av dessa projekt. Särskilt kan nämnas den studie som Naturvårdsverket genomför i sitt projekt Systemanalys genom Anders Finsson. Inom detta projekt görs LCA-studier med ECO-GUIDEs metodik och data för fem olika kommuner, med engagerad personal från Chalmers.

Åtskilliga ekobyar och andra bostadsområden där man tillämpar urinseparering har också byggts under dessa tre år. Erfarenheterna blir allt större, och vi skulle idag kunna projektera ett alternativt avloppssystem på ett bättre sätt än vi gjorde 1994.

Information

Projektet har rönt stor uppmärksamhet och har presenterats av projektledaren och medlemmar i projektgruppen vid ett stort antal tillfällen i hela landet. Här kan nämnas en hearing med Miljödepartementet, föredrag inför Stockholm Vattens styrelse, ett antal seminarier för kommuner ordnade av VAV (s.k.

VAV-dagar), konferenser i samband med miljömässor, föredragningar i enskilda kommuner, föredrag för branschorganisationer, Kommunförbundet m.fl. Projektet presenterades även vid ett NBS-seminarium (Nordiska Byggforskningsorganens Samarbetsgrupp, under Nordiska Ministerrådet) i Köpenhamn, maj 1994.

En populär version av projektresultaten publicerades i VAV-nytt nr 2 1996. Delar av projektet presenterades i Videon VA-aktuellt nr 2 - Forskning special som VAV lät göra 1994.

Projektet används i civilingenjörsutbildningen vid VA-teknik på Chalmers och på Luleå Tekniska Högskola.

Slutord

Projekt ECO-GUIDE har varit fantastiskt intressant att få arbeta med. Det tycker vi alla i projektgruppen. Många människor med olika bakgrund och olika inställningar har beretts tillfälle att arbeta, träffas och byta åsikter. Gensvaret från omgivningen har varit och är stort. Denna rapport avslutar projektets formella del, men visst arbete kommer att fortsätta i olika former. Förhoppningsvis kommer de engagerade högskoleforskarna att publicera delar av projektet i internationella tidskrifter. En uppsats är anmäld till Stockholm Water Symposium 1997. Jag tror att delar av projektet kan få intresse även internationellt, även om fenomenet urinseparering än så länge nästan bara finns i Sverige.

Under vilka omständigheter som urinseparering kan vara en lösning för att kretsloppsanpassa va-systemen vet vi ännu inte. Forskning och experiment pågår. Va-systemen ingår ju också i samhällets komplexa väv, och måste följa den utveckling som sker i samhället i övrigt. Om vi kan separera de nyttiga, biologiska flödena i samhället från de skadliga eller tekniska flödena har vi skapat en grund för en bättre miljö och minskad resursförbrukning. Om sedan denna separering skall ske genom småskaliga, lokala kretslopp eller genom att vi utvecklar de storskaliga system som vi redan har, kan vi inte svara på idag. Säkert kommer vi att få se en fortsatt snabb utveckling inom va-området, och en mångfald lösningar växa fram som passar de lokala förutsättningarna på varje plats.

Per-Arne Malmqvist
Projektledare

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

| | | |
|-------|--|----|
| | ETT PERSONLIGT FÖRORD | i |
| | SAMMANFATTNING | xi |
| 1 | INLEDNING | 1 |
| 2 | BESKRIVNING AV DE STUDERADE VA-SYSTEMEN | 2 |
| 2.1 | Bergsjön | 2 |
| 2.1.1 | Beskrivning av området | 2 |
| 2.1.2 | Noll-alternativet - nuvarande avloppshantering | 3 |
| 2.1.3 | Lokalt alternativ | 7 |
| 2.1.4 | Källseparerat alternativ | 10 |
| 2.2 | Hamburgsund | 13 |
| 2.2.1 | Beskrivning av området | 13 |
| 2.2.2 | Noll-alternativet - befintlig avloppslösning | 13 |
| 2.2.3 | Lokalt alternativ | 17 |
| 2.2.4 | Källseparerat alternativ | 19 |
| 2.3 | Krav på avloppssystemen | 22 |
| 2.3.1 | Hygien | 23 |
| 2.3.2 | Miljöskydd | 23 |
| 2.3.3 | Kretslopp av näringsämnen | 24 |
| 2.3.4 | Hushållning med resurser | 24 |
| 2.3.5 | Brukarvänligt system | 25 |
| 3 | MILJÖMÄSSIGA JÄMFÖRELSER | 25 |
| 3.1 | Riktninganalys | 25 |
| 3.1.1 | Naturens villkor | 26 |
| 3.1.2 | Människans villkor | 27 |
| 3.1.3 | Genomförandefrågor | 27 |
| 3.1.4 | Sammanfattning | 28 |
| 3.2 | Miljökonsekvensbeskrivning (MKB) | 31 |
| 3.2.1 | Bergsjön | 35 |
| 3.2.2 | Hamburgsund | 39 |
| 3.3 | Livscykelanalys | 42 |
| 3.3.1 | Allmänt | 42 |
| 3.3.2 | Avgränsningar | 45 |
| 3.3.3 | Bassystemet - slutsatser | 45 |
| 3.3.4 | Utvidgat system - slutsatser | 48 |
| 3.4 | Naturekonomi | 53 |
| 4 | KOSTNADSJÄMFÖRELSER | 53 |
| 4.1 | Investeringar | 53 |
| 4.1.1 | Bergsjön | 54 |
| 4.1.2 | Hamburgsund | 55 |
| 4.2 | Drift | 56 |

| | | |
|-------|---|----|
| 4.2.1 | Bergsjön | 57 |
| 4.2.2 | Hamburgsund | 58 |
| 4.2.3 | Jämförelse av kostnader | 59 |
| 5 | JÄMFÖRELSER AV VÄRDERINGSMETODERNA | 61 |
| 5.1 | Slutsatser dragna med de tre metoderna | 61 |
| 5.2 | Vad har jämförts? | 62 |
| 5.3 | Tolkning av resultaten | 63 |
| 6 | DISKUSSION | 64 |
| 6.1 | Om avloppssystemen | 64 |
| 6.1.1 | Dagvatten och industriavloppsvatten | 64 |
| 6.1.2 | All teknik är inte lika utprovad | 65 |
| 6.1.3 | Optimering av anläggningarna - teknikutveckling | 66 |
| 6.1.4 | Pågående annan forskning | 66 |
| 6.1.5 | Organisation och Juridik | 67 |
| 6.1.6 | Generaliseringar | 67 |
| 6.2 | Om värderingsmetoderna | 68 |
| 7 | REFERENSER | 69 |

1 INLEDNING

Denna rapport är den sammanfattande slutrapporten för ECO-GUIDE-projektet. För detaljer hänvisas till tidigare publicerade rapporter, se referenslistan i *kapitel 7*.

Projektets syfte var enligt ansökningarna om forskningsmedel “att utveckla en metodik för hur ett samhälles avloppssystem bör utformas och drivas så att resultatet så långt möjligt ansluter sig till samhällets mål om slutna kretslopp och en uthållig utveckling”. Syftet omformulerades i projektets inledning till att tillämpa och jämföra olika värderingssystem (Riktningssanalys, Miljökonsekvensbeskrivning och Livscykelanalys) snarare än att utveckla en ny metod.

Projektet har finansierats av
Byggforskningsrådet
Forskningsrådsnämnden
VA-FORSK

Göteborgs och Tanums kommuner har deltagit i diskussionerna samt med tekniskt underlag.

I projektet har deltagit

Ann-Carin Andersson, VBB Viak (nu egen verksamhet)
Hans Björkman, VBB Viak
Henrik Lundström, Chalmers Industriteknik
Erik Kärrman, Chalmers VA-teknik (nu BFR)
Per-Arne Malmqvist, VBB Viak, projektledare
Majlis Stenberg, VBB Viak
Gilbert Svensson, Chalmers VA-teknik
Mikael Svingby, Chalmers Industriteknik (nu VBB Viak)
Anne-Marie Tillman, Chalmers Teknisk Miljöplanering

Läsaren tillråds att även läsa diskussionsavsnittet, kapitel 6, där viktiga frågeställningar och reservationer tas upp.

2 BESKRIVNING AV DE STUDERADE VA-SYSTEMEN

Två bostadsområden har valts som tillämpningsexempel i studien. Det ena området är stadsdelen Bergsjön i nordöstra Göteborg, det andra är kustsamhället Hamburgsund i Tanums kommun.

För vardera området har vi jämfört tre alternativ, här kallade:

| | |
|---|---|
| <i>Noll-alternativet:</i> | Det befintliga avloppssystemet med ledningsnät och reningsverk inkl de förändringar som planeras inom en 10-årsperiod. |
| <i>Lokalt alternativ :</i> | Det befintliga ledningsnätet behålles, men reningsverket byts ut mot ett lokalt reningsverk som arbetar efter "naturnära" principer |
| <i>Källseparerat alternativ:</i> | Toaletterna i fastigheterna byts mot urinsortande toaletter. Urin, fekalier och BDT-vatten leds var för sig till olika omhändertagande. BDT-vattnet och slamvattnet från fekaliehanteringen behandlas på samma sätt som avloppsvattnet i lokalt alternativ. |

För de alternativa systemen har vi eftersträvat att de skall vara realistiska och möjliga att genomföra, och att de i görligaste mån skall uppfylla följande krav:

- Bästa möjliga hygien
- Bästa möjliga miljöskydd, i första hand vad gäller utsläpp till yt- och grundvatten.
- Bästa möjliga kretslopp av näringsämnen och vatten.
- Bästa möjliga ekonomi, dvs hushållning med resurser såsom, energi, vatten, transporter, markyta, kemikalier, pengar, arbetstid och fritid, etc
- Brukarvänligt system

Systemen beskrivs mer detaljerat nedan. De beskrivna tekniska systemen har valts ut i samråd med projektgruppen och referensgruppen.

2.1 Bergsjön

2.1.1 Beskrivning av området

Stadsdelen Bergsjön i Göteborgs kommun är belägen ca 8 km nordost om Göteborgs centrum. Bergsjön började byggas ut i slutet av 1960-talet med huvudsakligen flerfamiljshus i 6-7 våningar. Stadsdelen omfattar en yta på ca 4 km². Bergsjön har som mest haft ca 14 000 invånare men f n bor ca 12 600 personer i området. Antalet hushåll uppgår till cirka 6 400 varav 5 400 hushåll

finns i flerfamiljshus och 730 i småhus. Inom stadsdelen finns två större affärscentra men ingen större industriverksamhet. Ödegärde industriområde strax öster om stadsdelen rymmer ett antal kontor och småindustrier.

Området är starkt kuperat med en nivåskillnad inom området av ca 80 m. I området finns stora bergspartier med mellanliggande morändalar och utfyllnadsområden. Bebyggelsen är till större delen placerad i dalgångarna.

Bergsjön är beläget mellan de två åarna Lärjeån och Säveån, till vilka ytvattnet från området rinner via några mindre bäckar. I området finns några mindre dammar och en populär badsjö, Bergsjön. Lärjeåns dalgång är klassad som skyddsvärd ur natursynpunkt. Lärjeån är också reservvattentäkt för Göteborg.

Förutsättningar för alternativa avloppslösningar inom stadsdelen är begränsade eftersom naturnära lösningar är ytkrävande och tillgängliga ytor små. Möjligheten att exempelvis infiltrera avloppsvatten är liten eftersom den tillgängliga ytan i och kring stadsdelen i huvudsak består av berg i dagen eller lera. Områden där en större våtmark eller markbäddar skulle kunna anläggas är begränsade till en torvmosse i väster och en lerfylld dalgång i öster (Ödegärde industriområde).

Inom Bergsjön finns en del mindre mossar och våtmarker som eventuellt kan nyttjas som efterbehandling av renat avloppsvatten.

Strax utanför själva stadsdelen finns stora ytor tillgängliga inom Kvibergsområdet sydväst om Bergsjön. Kvibergsområdet består av en lerfylld dalgång genom vilken Kvibergsbäcken avrinner söderut.

Ytor lämpliga för bevattning av till exempel energiskog eller annat saknas inom stadsdelen.

2.1.2 Noll-alternativet - nuvarande avloppshantering

Ledningsnätet i Bergsjön anlades under slutet av 1960-talet i samband med utbyggnaden av stadsdelen. Ledningsmaterialet är betong till största delen. Det är huvudsakligen duplikatsystem i Bergsjön, dvs dagvatten och spillvatten transporteras i olika ledningar. Kombinerat system, dvs dag- och spillvatten i samma ledning, finns endast i ett villaområde i sydvästra delen av Bergsjön.

Det är inte känt i vilken omfattning dräneringsledningar från husgrunder och andra ytor kan tänkas vara anslutna till spillvattennätet.

Eftersom terrängen inom stadsdelen är mycket kuperad måste spillvattnet pumpas i olika avsnitt fram till självfallsledningarna.

För beräkningar av avloppsflöden har, med ledning av Göteborgs VA-verk uppmätta och beräknade pumpade volymer, antagits följande specifika

avloppsvattenmängder:

| | |
|-----------------------|------------------|
| hushållspillvatten | 200 l/p,d |
| industriavloppsvatten | 35 l/p,d |
| inläckage, dränvatten | 215 l/p,d |
| Summa | 450 l/p,d |

Spillvattnet från Bergsjön avleds via två huvudavloppsledningar söderut till en större avloppsledning som är gemensam för de östra stadsdelarna i Göteborg. Spillvattnet från de östra stadsdelarna avleds till Göteborgs största pumpstation vid Kodammarna vid Säveåns mynning. Därifrån trycks spillvattnet under Göta Älv till spillvattentunneln som leder till Rya avloppsreningsverk på Hisingen.

I Ryaverket renas avloppsvattnet mekaniskt, kemiskt och biologiskt. Renat avloppsvatten avleds till Göta Älv strax utanför reningsverket.

Utbyggnad av ett kväveringssteg pågår vid verket och beräknas vara klart under 1997. Kravet på kvävereduktionen är 50 % av inkommande mängd. I våra beräkningar för Bergsjön har antagits att kväveringen är tagen i drift. Flödesschema för avloppshanteringens visas i *figur 2.1*.

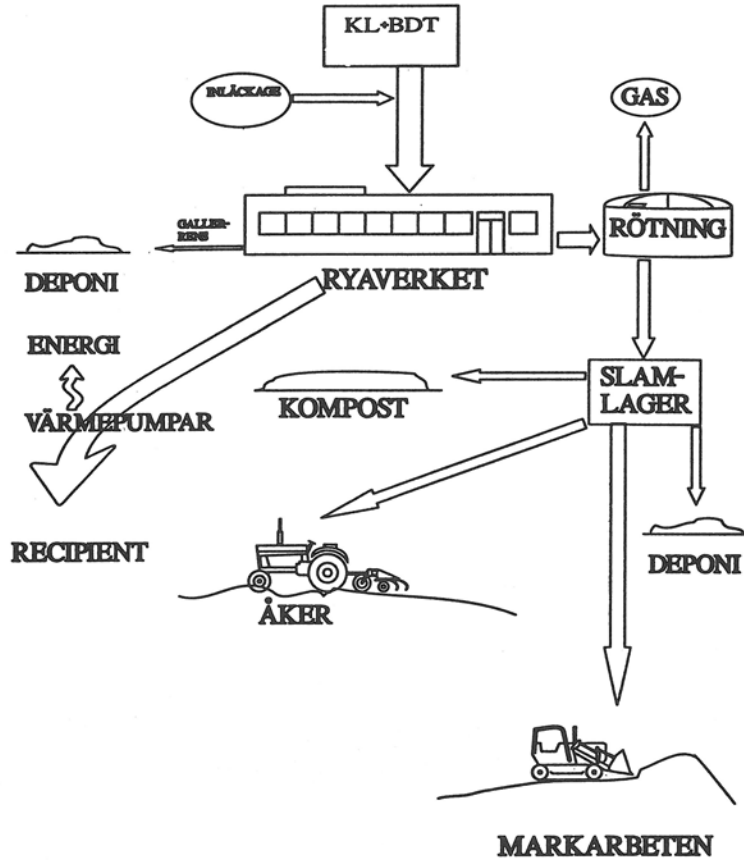
Till Ryaverket är anslutet ca 555 000 personer och belastningen uppgår till 754 000 personekvivalenter med anslutna industrier. Anslutningsområdet omfattar Göteborg och några närliggande kommuner. Bergsjöns andel av inkommande flöde är ca 2,5 %. Uppgifterna gäller förhållandena 1993.

Slammet från avloppsreningsverket rötas i en biogasanläggning vid Ryaverket. Mängden rötat slam uppgår till ca 110 kg per ansluten person och år. Slamkvaliteten har varit relativt jämn under åren förutom under några månader 1993-1994 då illegal dumpning av metallhaltigt industrislam skedde till avloppsnätet. Användningen av slam i jordbruket har varit obetydlig sedan 1988. I *figur 2.2* visas användningen av slam under 1993. Det är 1993 års värden vad gäller avloppsmängder, slammängder m m för Ryaverket som använts som beräkningsår för jämförelser av de olika behandlingsalternativen.

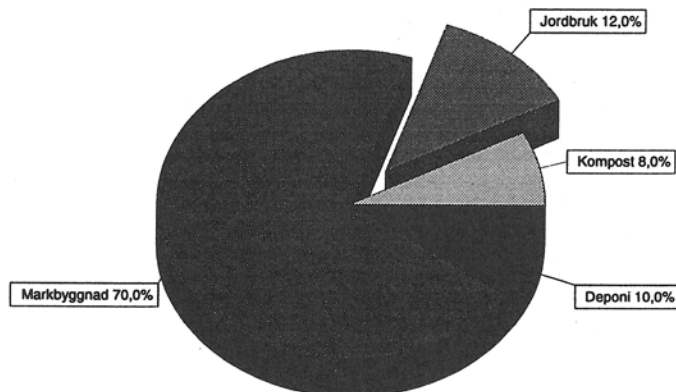
| | |
|-------------------------------------|---|
| <i>Fakta om Ryaverket, Göteborg</i> | |
| Antal anslutna personer: | 555 000 (1993) |
| Antal personekvivalenter: | 754 000 (1993) |
| Dimensionerande flöde: | Q_{dim} 3.8 m ³ /s |
| Dimensionerande belastning: | 200 mg BOD/l 6 mg P/l |
| Utsläppsvillkor: | BOD-7 15 mg/l tot-P 0,5 mg/l tot-N 50 % reduktion |

Då slammet används i jordbruket transporteras det ofta långa sträckor, upp till 10 mil från Göteborg.

Det slam som ej finns avsättning för deponeras i ett berggrum några kilometer från reningsverket. Större delen av slammet nyttjas för markbyggnadsarbeten inom kommunen.



Figur 2.1 Bergsjön - noll alternativ, flödesschema för avloppshanteringen



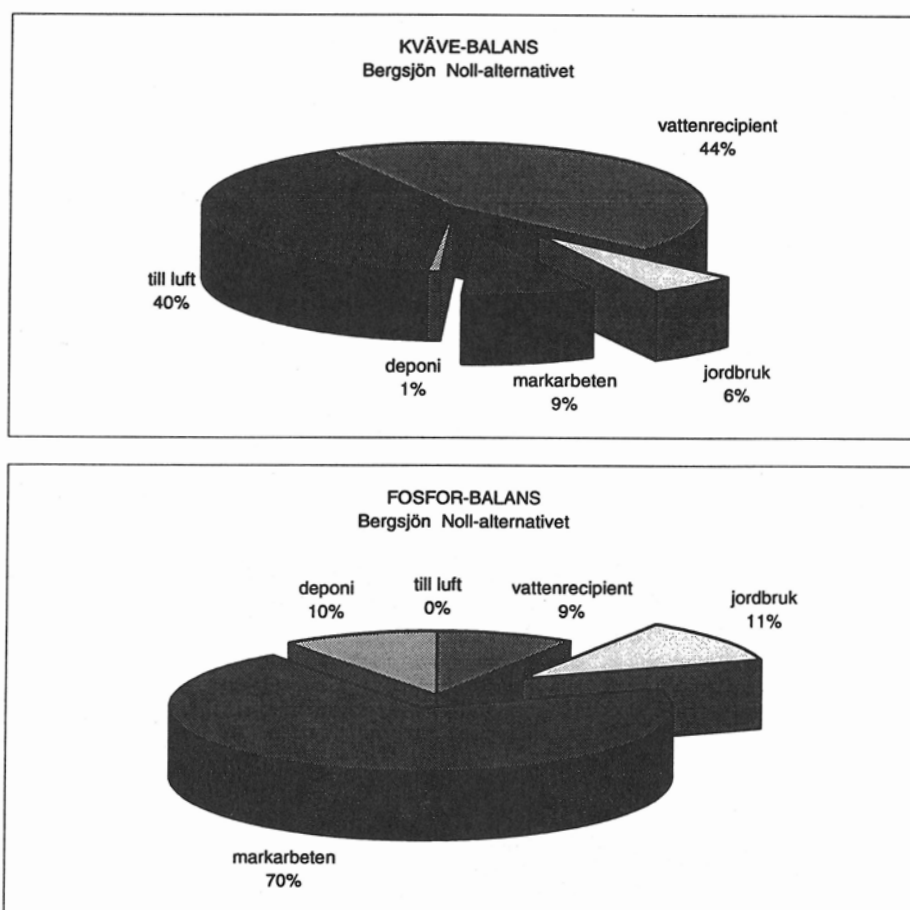
Figur 2.2 Slamanvändning i Ryaverket 1993

Kväve- och fosforbalanser i det befintliga systemet med utbyggd kväverening visas i figur 2.3.

Vad gäller fosfor avskiljs denna med slammet och nyttjas till 80 %. Ca 10 % nyttiggörs i jordbruket och 70 % nyttiggörs som grundgödsling i markbyggnadsarbeten (golfbanor o dyl). I och med att fosfor och även kvävet till viss del tas tillvara har markbyggnadsarbeten och jordbruk ansetts jämförbara (med tvekan) ur kretsloppssynpunkt.

Kvävet däremot tas ej tillvara utan försvinner till 85 % som ammoniumkväve till vattenrecipienten och som kvävgas till atmosfären.

År 1993, som utgör beräkningsgrunden, släpptes 85-90 % av kvävet till vattenrecipienten. Men i vårt nollalternativ räknar vi alltså med att 50 % av inkommande mängd kväve "renas bort" till slam och luft.



Figur 2.3 Kväve- och fosforbalans i noll-alternativet, Bergsjön

Biogas som produceras används för framställning av el vilken används internt

på reningsverket. Kylvattnet från motorerna ger värme som används för uppvärmning internt på reningsverket samt levereras till fjärrvärmenätet.

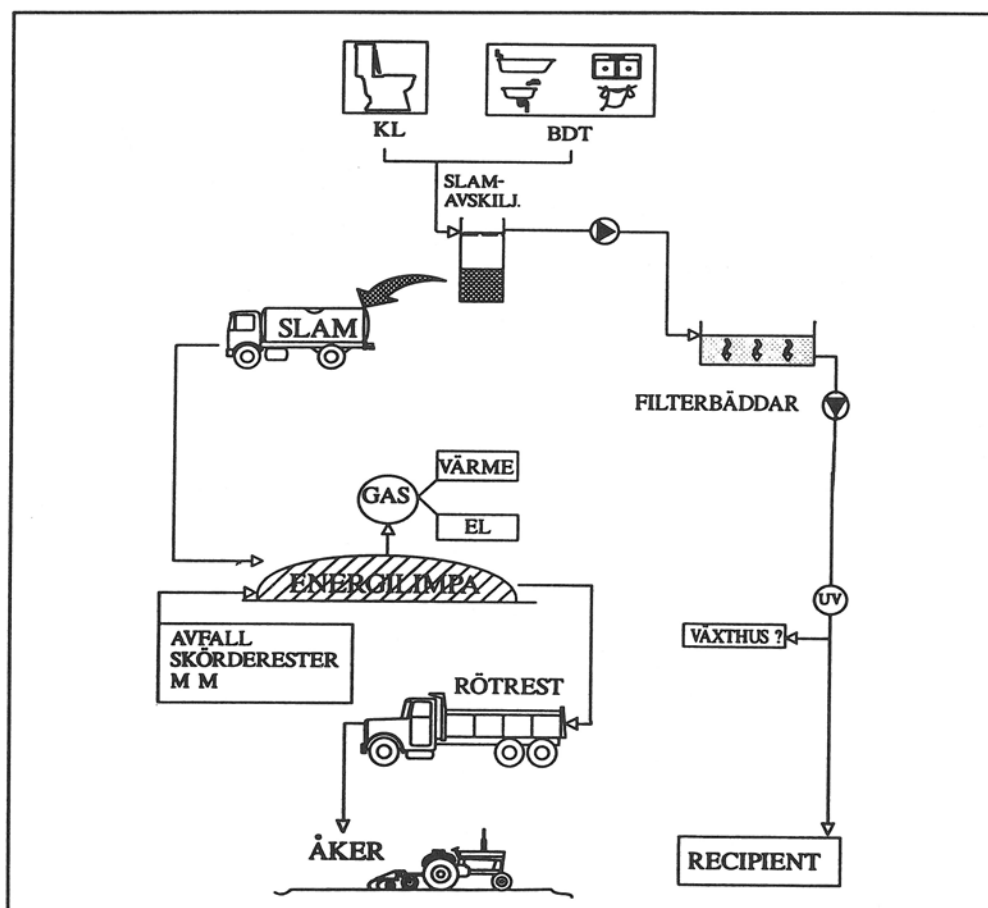
Ur det behandlade avloppsvattnet återvinns värme med hjälp av värmepumpar. För driften av värmepumparna används elenergi. För varje kilowattimme elenergi återvinns 3 gånger så mycket energi i form av värme. Värmen levereras till fjärrvärmenätet i Göteborg.

En mer detaljerad redovisning av systemets utformning samt förutsättningar och antaganden för beräkningarna finns i Malmqvist m fl (1995).

2.1.3 Lokalt alternativ

I det lokala alternativet förutsätts att inga ändringar vad gäller avloppssystemet utförs i lägenheterna och att avloppssystemet inom fastigheten har samma funktion som idag. Vattenförbrukningen förutsätts vara den som gäller idag och befintligt ledningsnät används i så stor utsträckning som möjligt.

Den lösning som har valts för det lokala alternativet visas i flödesschemat, *figur 2.4*.



Figur 2.4 Flödesschema för lokalt alternativ, Bergsjön

Spillvattnet från lägenheterna passerar en slamavskiljare som placeras i gatan,

så nära fastigheten som möjligt. Vattenfasen från slamavskiljaren pumpas till en öppen filterbädd, se *faktaruta 1*. Efter att ha passerat filtret leds vattnet ut till närrecipienten.

Slammet som sedimenterat i slamavskiljaren hämtas med slamsugningsbil och transporteras till en energianläggning där det samrötas med hushållsavfall i en s k energilimpa, se *faktaruta 2*. Rötresten transporteras till åkermark eller deponi. Utvunnen gas från energianläggningen kan användas för t ex fordonsdrift.

Faktaruta 1

Öppna filterbäddar

Öppna filterbäddar är uppbyggda på samma sätt som konventionella markbäddar förutom att de saknar fördelningsrör och ej är övertäckta med jordmassor. Filterbäddarna består alltså av ett lager filtersand, ca 1 m tjockt, med ett dräneringssystem i botten för uppsamling och avledning av filtratet.

Filterbäddarna kan hydrauliskt belastas mycket mer än markbäddar vilket innebär att anläggningen inte blir lika ytkrävande. Kontroll och skötsel förenklas också genom att bäddarna hålls öppna. Bäddarna skall beskickas med avloppsvatten stötvis så att hela ytan blir täckt varje gång. Antalet filterbäddar som är i drift skall var minst två så att filtren skall kunna belastas växelvis. Erforderlig filterbäddsytta är 1-2 m² per person. Reningseffekten i filtret är minst lika bra som i en väl dimensionerad markbädd dvs bakterier mer än 90 %, BOD 90%, fosfor 80 % och kväve 25 %.

(VBB Viak, Vänersborg Hans Björkman)

Faktaruta 2

Energilimpa

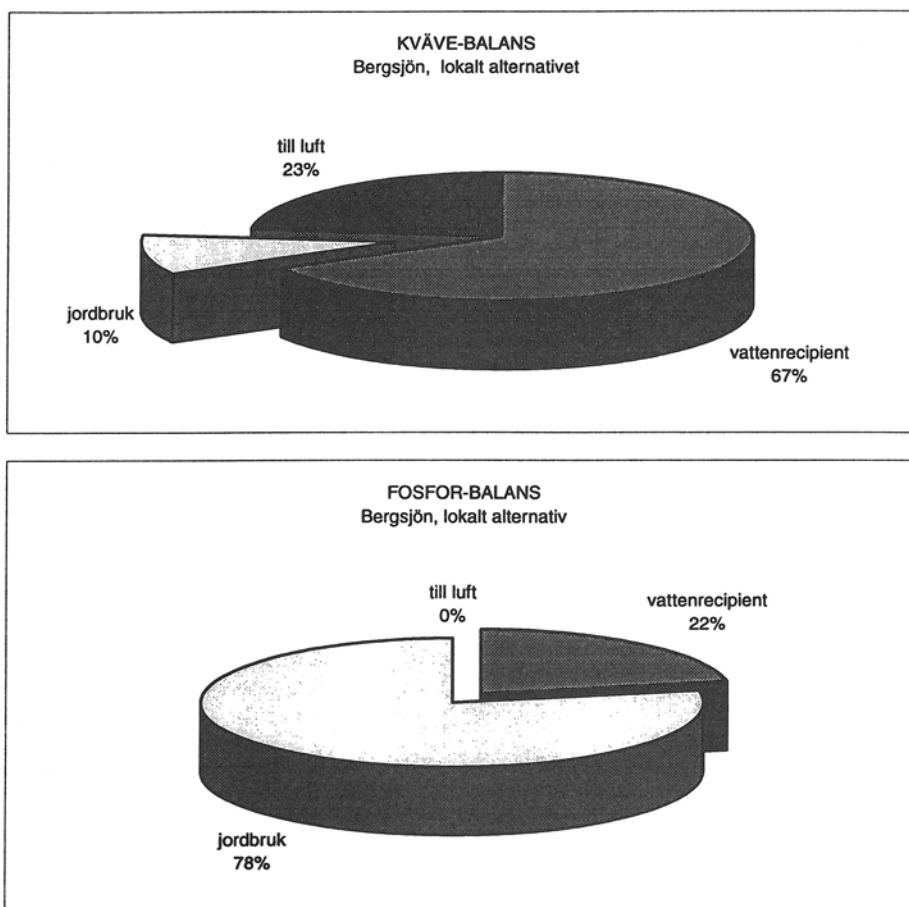
Energilimpan är uppbyggd av hushållsavfall i form av en limpa eller en kvadratisk invallad avfallscell. Vallarna byggs upp med jordmaterial. Höjden på limpan/cellen skall vara minst 4-5 m för att en bra gasbildning skall ske. I botten av limpan/cellen finns ett dräneringssystem som skall avleda lakvattnet. I ytan på limpan/cellen anläggs ett ledningssystem för återföring av lakvatten samt ett system för utsug av deponigas.

När avfallet lagts upp tätas cellen/limpan och en nedbrytning startar som utan syretillförsel innebär att deponigas bildas. Genom att tillsätta lakvatten kan fukthalten hållas optimal för gasbildningen. Genom att tillsätta flytande slam, som injekteras i limpan, kan ytterligare gas tas ut. Deponigasen kan t ex brännas i en gasmotor för framställning av el eller värme till fjärrvärmenätet.

När materialet är utrotat efter ca 5 års drift kan limpan/cellen rivas upp, innehållet siktas och rötresten tillföras jordbruket som jordförbättringsmedel.

(VBB Viak, Stockholm, Avfallsteknik)

(Lars Brolin)



Figur 2.5 Kväve- och fosforbalans i lokalt alternativ, Bergsjön

Kväve- och fosforbalanser i systemet visas i *figur 2.5*.

Större delen av kvävet går till vattenrecipienten eftersom inget fastläggs eller tas upp av växtlighet i filterbäddarna. Möjligtvis kan en viss del av kvävet denitrifieras i filterbäddarna och avgå som kvävgas.

Fosfor fastläggs i filtersanden och förutsätts kunna tas tillvara vid byte av det översta sandskiktet. Den fosformättade sanden läggs ut på lämplig jordbruksmark och fosfor, som är kemiskt bunden i olika föreningar, förutsätts med tiden bli tillgänglig för växter.

Fosfor finns också fastlagd i den rötrest som kvarstår vid rötning av slammet tillsammans med avfall.

En mer detaljerad redovisning för systemets utformning samt förutsättningar och antaganden för beräkningarna finns i Malmqvist m fl (1995).

2.1.4 Källseparerat alternativ

Källseparerat alternativ innebär separering av urin, fekalier och BDT-vatten (bad, disk, tvätt) vid källan, dvs i fastigheten. Praktiskt kan detta genomföras genom att separerande toaletter installeras i lägenheterna, se *faktaruta 3*.

Beteckningen urinseparering är något missvisande eftersom det inte är fråga om att separera ut en urinfraction från ett blandat avloppsvatten. Numera används beteckningen urinsorterande toalett eller system eftersom en sortering av urin- och fekaliefraction sker i toalettstolen och BDT-vatten avleds i separat ledning.

Den beskrivna alternativa avloppslösning i detta avsnitt kallas dock även fortsättningsvis för källseparerat alternativ. Avloppssystemet visas översiktligt i *figur 2.6*.

Faktaruta 3

Urinseparerande eller urinsorterande toalett

Toalettstolen är utrustad med två separata skålar, en för urinuppsamling och en för fekalier, med var sitt avlopp. Det finns i princip två modeller av urinsorterande vattenspolande toaletter; en med vattenspolning av både urin- och fekalieskål samt en med vattenspolning enbart av urinskålen.

Uppsamlad urin avleds till en tank. För spolning av urinskålen åtgår ca 0.1-0.2 l vatten.

Urina leds med självfall till en uppsamlingstank, se *faktaruta 6*, avsnitt 2.2.4, som placeras under mark vid fastigheten eller eventuellt inne fastigheten. Urinvattnet hämtas med slamsugningsbil och transporteras till en mellanlagringstank i närheten av jordbruksmarken.

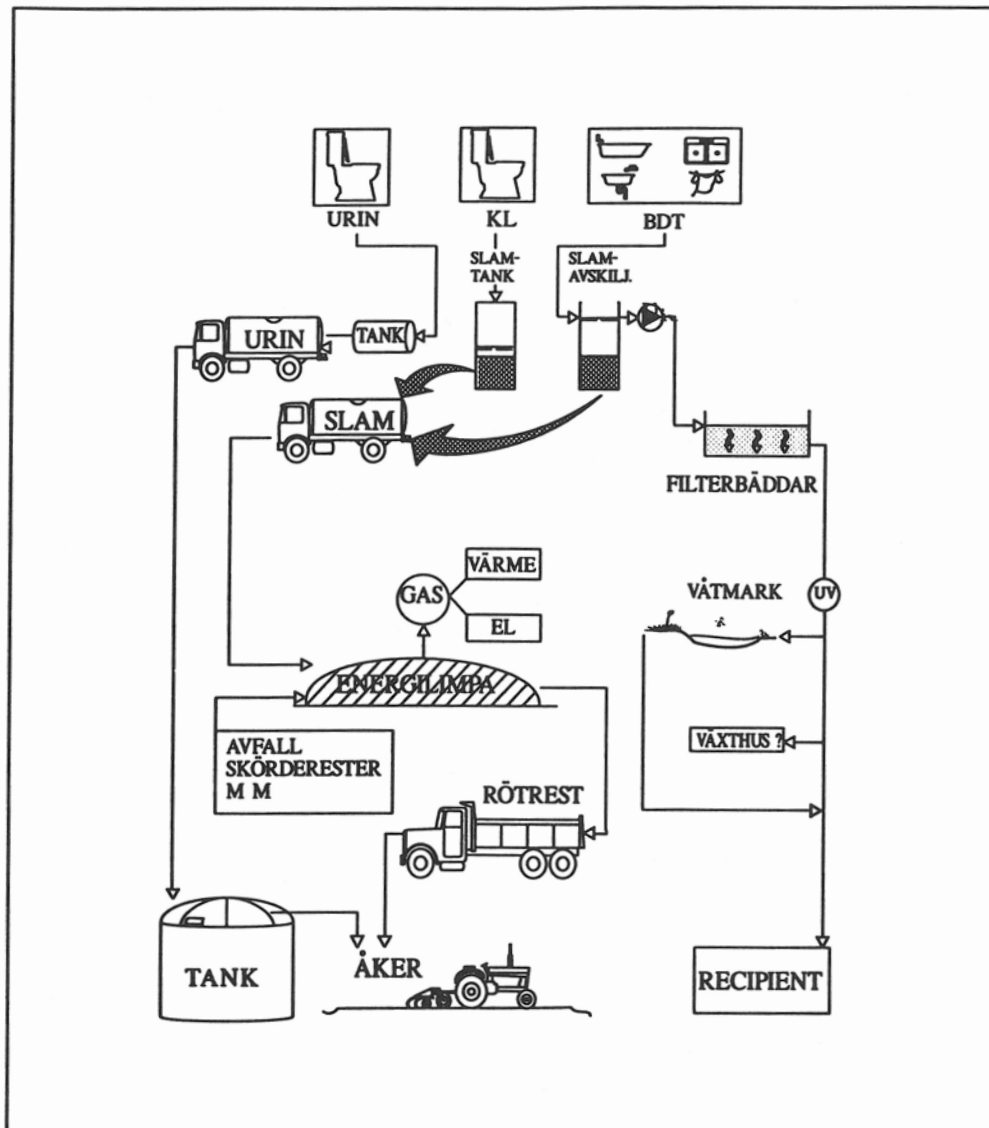
Fekalier med spolvatten samlas också upp i en sluten tank som placeras under mark eller i fastigheten. För att en minsta möjliga volym förorenat vatten skall behöva behandlas införs ett vakuumsystem i fastigheterna, se *faktaruta 4*, för transport av det s k svartvattnet till uppsamlingstanken.

Faktaruta 4

Vakuumsystem för toalett

Vakuumsystem för avlopp är väl beprövat på båtar och flygplan sedan många år. Principen är att transporten av avloppet kan ske med minimal vattenmängd, med hjälp av vakuum i ett ledningssystem. Avloppet transporteras till en tank varifrån innehållet kan pumpas kommunens nät eller liknande. Det finns olika system för att få vakuum i ledningsnätet. Det system som valts i ECO-GUIDE alternativet innebär att en vakuumentral installeras. Det valda systemet ger lägre elförbrukning än ett vakuumsystem med ejektorpumpar.

Tanken och därmed ledningssystemet hålls under vakuum med hjälp av vakuumpumpar. Eftersom vakuumentanken är relativt liten måste vakuumsystemet brytas emellanåt och tömning ske av tanken, under atmosfärstryck, till en större lagringstank.

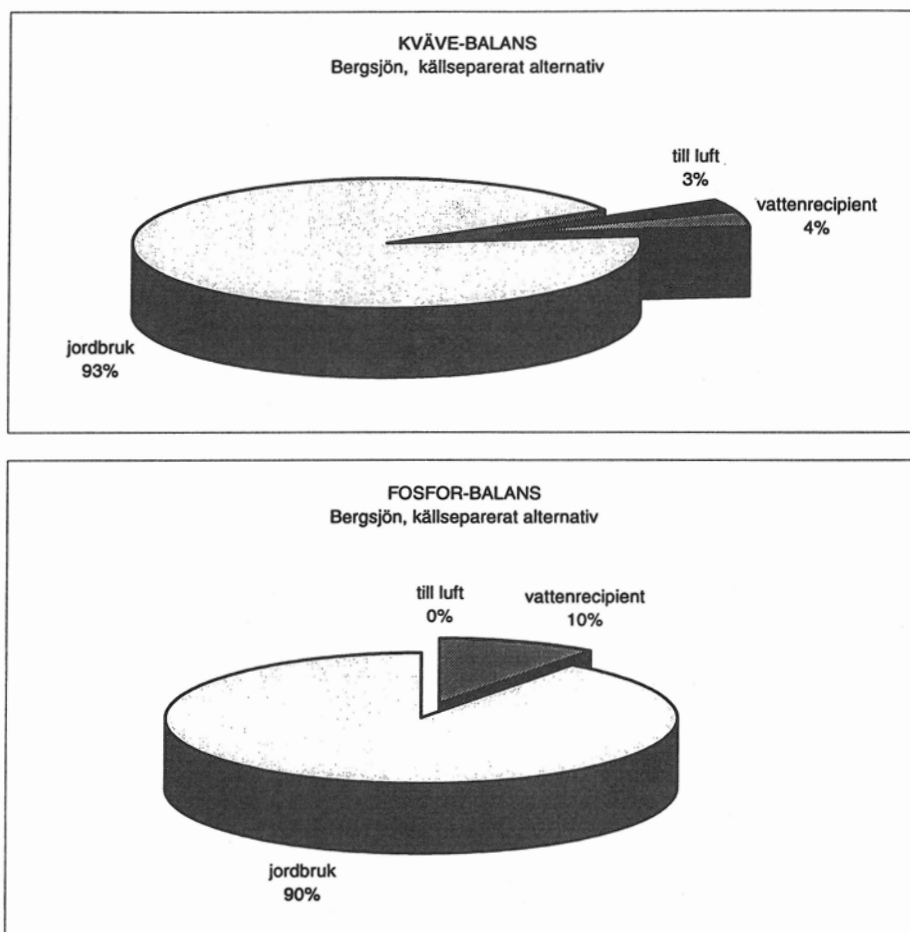


Figur 2.6 Flödesschema för källseparerat alternativ, Bergsjön

BDT-vattnet passerar en slamavskiljare innan det avleds i det befintliga spillvattenledningsnätet till en öppen filterbädd. BDT-vattnet filtreras i filterbädden och filtratet släpps ut i närrecipienten. En delström av det behandlade BDT-vattnet kan släppas till befintlig eller anlagd våtmark.

Slam från slamavskiljare och fekalietankar hämtas med slamsugningsbilar och transporteras till en energianläggning där det samrötas med hushållsavfall liksom i det lokala alternativet. Rötresten kan användas som gödning.

Kväve- och fosforbalanser i det källseparerade alternativet visas i figur 2.7.



Figur 2.7 *Kväve- och fosforbalans för källseparerat alternativ, Bergsjön*

Eftersom över 80 % av kvävet i avloppsvattnet härrör från urinen kommer också större delen av näringen att nyttjas i jordbruket. Det är dock viktigt att urinen hanteras på rätt sätt och används vid rätt tidpunkt så att ammoniakbildning undviks.

Fosfor återfinns både i urindelen och fekalidelen (ingår i rötresten) som nyttjas i jordbruket. En mindre del följer med vattenfasen, BDT-vattnet och fastläggs i filterbäddarna.

En mer detaljerad redovisning för systemets utformning samt förutsättningar och antaganden för beräkningarna finns i Malmqvist m fl (1995).

2.2 Hamburgsund

2.2.1 Beskrivning av området

Hamburgsund är ett typiskt bohuslänskt samhälle som ligger ca 30 km norr om Lysekil. Samhället delas av ett sund, Hamburgsund, som skiljer Hamburgön i väster från Hamburgsund i öster. Som i flertalet andra bohuslänska samhällen ökar invånarantalet markant under semesterperioden. I Hamburgsund bor ca 900 personer under lågsäsong för att under högsäsong öka till 1700 personer. Med högsäsong avses här månaderna juni, juli och augusti.

Bebyggelsen utgörs dels av äldre fastigheter, ofta med en källardel av sten, dels av modernare villor som byggts som suterränghus eller med platta på mark. Ungefär hälften av invånarna bor i något av de sju flerfamiljshus som finns i Hamburgsund. Någon renodlad industri finns inte i Hamburgsund, men andra liknande verksamheter finns t ex åkerier. En stor del av fastigheterna i Hamburgsund ligger inom kommunens verksamhetsområde för vatten och avlopp.

Området kring Hamburgsund utgörs mestadels av berg i dagen med mellanliggande lågområden med finkorniga jordarter, främst lera. Bergen kring samhället når upp till ca 50 meter över havet. Berggrunden utgörs av bohusgranit.

Vattenområdet ingår i det riksintressanta området Fjällbackakusten. Både naturvård och friluftsliv utgör riksintresse.

Strömmen i Hamburgsund är till övervägande del nordgående. Sundet är väl exponerat för väst- och sydvästvindar. Utsläpp från det befintliga avloppsreningsverket och nödutlopp från två pumpstationer sker till sundet.

Möjligheterna till alternativa avloppslösningar i själva samhället är begränsade, eftersom dessa lösningar i regel är tämligen ytkrävande. De geologiska förhållanden medger inte infiltration annat än i mycket liten omfattning. Det finns däremot stora arealer jordbruksmark i närområdet som kan nyttjas för andra lokala lösningar. Närheten till stora arealer jordbruksmark möjliggör även återföring av näringsämnen utan alltför långa transporter.

2.2.2 Noll-alternativet - befintlig avloppslösning

Avlopps nätet i Hamburgsund är väl utbyggt. Spillvattnet från fastigheterna samlas i självfallsledningar och pumpas via sju pumpstationer till reningsverket i samhällets södra del. Även Rörviks campingplats, cirka 1,5 km söder om samhället är anslutet till avloppsreningsverket.

En principskiss av avloppssystemet ges i *figur 2.8*.

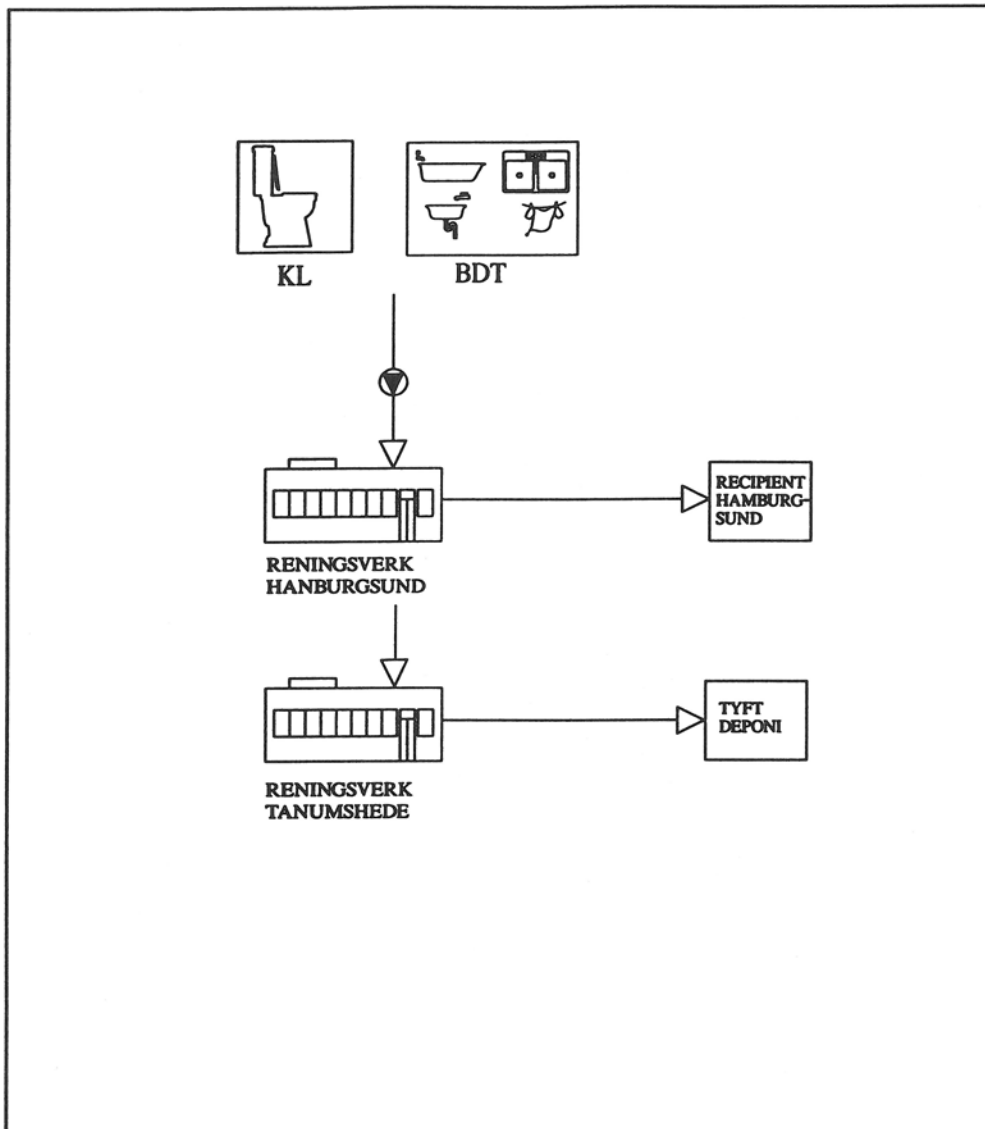
Hamburgsunds avloppsreningsverk uppfördes 1973-74 och moderniserades 1992. Avloppsreningsverket är utrustat med mekanisk, kemisk, biologisk rening. Det renade spillvattnet släpps genom en 100 meter lång utloppsledning

som mynnar i Hamburgsund. I sundet mynnar även bräddavloppen från två stycken pumpstationer. Utsläppskraven är fastställda till 15 mg/l BOD och 0,5 mg/l fosfor.

Fakta om Hamburgsunds ARV

| | |
|-----------------------------|-----------------------|
| Antal anslutna personer: | 900 - 1700 |
| Antal personekvivalenter: | 900 - 1700 |
| Dimensionerande flöde: | 375 m ³ /d |
| Dimensionerande belastning: | 2500 pe |
| Utsläppsvillkor: | BOD-7 15 mg/l |
| | tot-P 5 mg/l |

Slammet från reningsverket i Hamburgsund transporteras idag till avloppsreningsverket i Tanumshede, en sträcka på ca 2,5 mil, där det blandas med övrigt slam i reningsverket. Avvattnat slam från Tanumshede körs därefter till deponin Tyft ca 8 km utanför Tanumshede. Hamburgsunds andel av den totala slammängden från Tanumshede är ungefär 6 %.



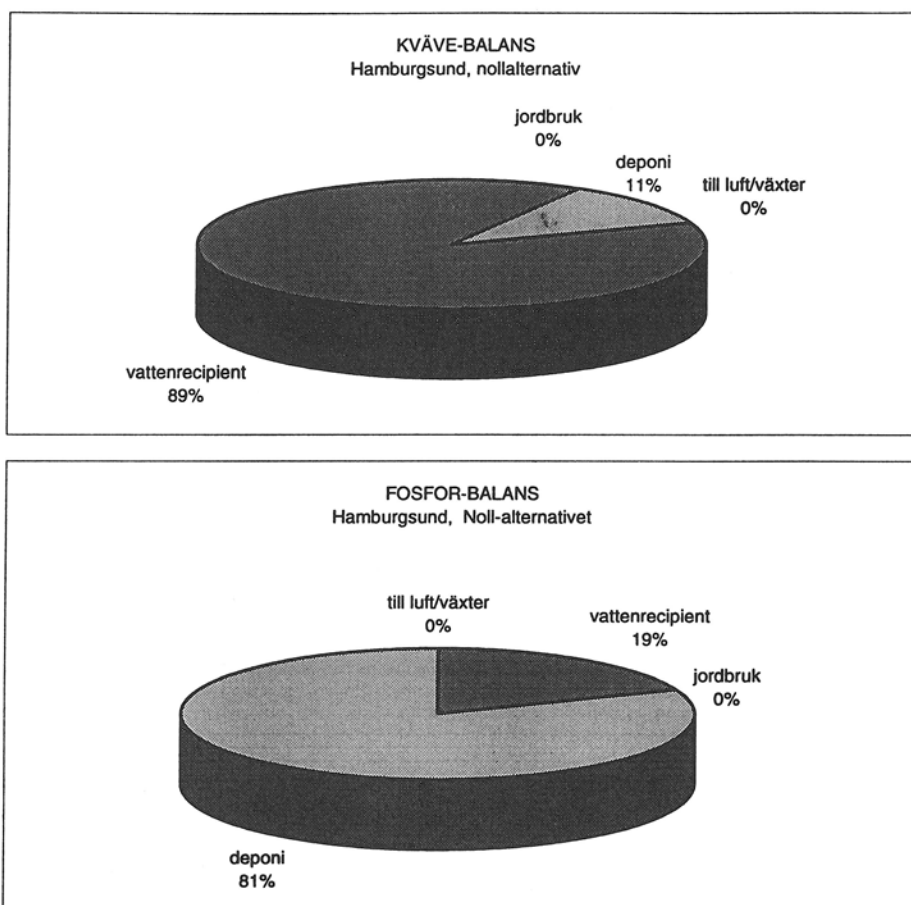
Figur 2.8 Flödesschema för befintligt avloppssystem, Hamburgsund

De specifika avloppsvattenflödena varierar med säsongerna enligt följande:

| | Lågsäsong | Högsäsong |
|---|------------|------------|
| Specifik avloppsvatten- mängd, l/p,d | 180 | 150 |
| In- läckage, l/p,d | 490 | 160 |
| Summa l/p,d | 670 | 310 |

Inläckaget är stort och ökar markant under vintermånaderna. De största inläckagen inträffar i samband med högt vattenstånd i havet. Inget industriavloppsvatten tillförs reningsverket.

Kväve- och fosforbalanser i det befintliga avloppssystemet visas i *figur 2.9*.



Figur 2.9 Kväve- och fosforbalans för noll-alternativet, Hamburgsund

Metallhalterna m fl parametrar vad gäller slammet ligger under SNV:s (Naturvårdsverket) gränsvärden för användning i jordbruket. Trots detta finns ingen avsättning inom jordbruket i dagsläget. Om slammet skulle användas i jordbruket skulle ca 80 % av fosfor i avloppsvattnet kunna nyttjas.

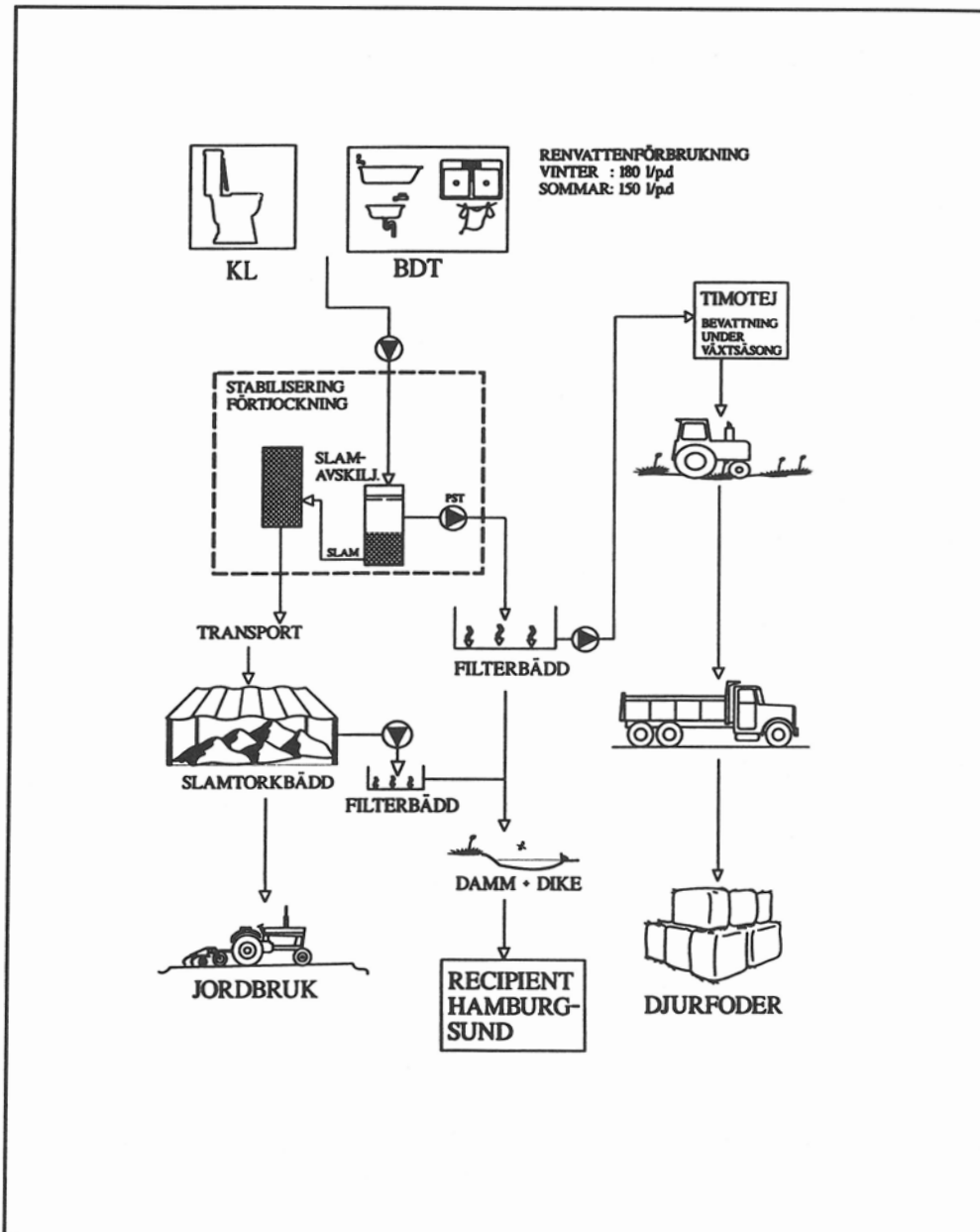
Kvävet i avloppsvattnet följer med vattenfasen ut i recipienten i form av ammoniumkväve.

En mer detaljerad redovisning för systemets utformning samt förutsättningar och antaganden för beräkningarna finns i Malmqvist m fl (1995).

2.2.3 Lokalt alternativ

För den lokala alternativa avloppslösningen är förutsättningen att det befintliga ledningsnätet med pumpstationer skall användas men att avloppsreningsverket ersätts med ett mer naturanpassat system för lokalt omhändertagande av spillvattnet.

Avloppslösningen i lokala alternativet utgörs av slamavskiljning, öppen filterbädd, serpentindike, grunda dammar och slutligen bevattning under växtsäsongen, se *figur 2.10*.



Figur 2.10 Flödesschema, lokalt alternativ, Hamburgsund

Det befintliga reningsverket byggs om till att omfatta endast mekanisk och biologisk behandling, varvid inga fällningskemikalier behövs.

Slammet stabiliseras genom luftning och förtjockas med paddelomrörare i slamstabiliseringsbassängen i det befintliga reningsverket, varefter slammet lagras i ett slamlager. Slammet transporteras därefter till slamtorkbäddar placerade bredvid filterbäddarna.

Rejektvattnet behandlas i separat filterbädd innan utsläpp sker efter den första dammen.

Efter sex månader anses slammet vara hygieniserat och återförs till jordbruket. Det förutsätts här att allt torkat slam kan nyttjas i jordbruket. Slamtorkbädden var tidigare en normal lösning vid avloppsreningsverk och inget hindrar att denna metod används i nollalternativet.

En av bassängerna i reningsverket byggs om till en pumpstation med en relativt stor volym, vilken används för beskickning av de efterföljande filterbäddarna.

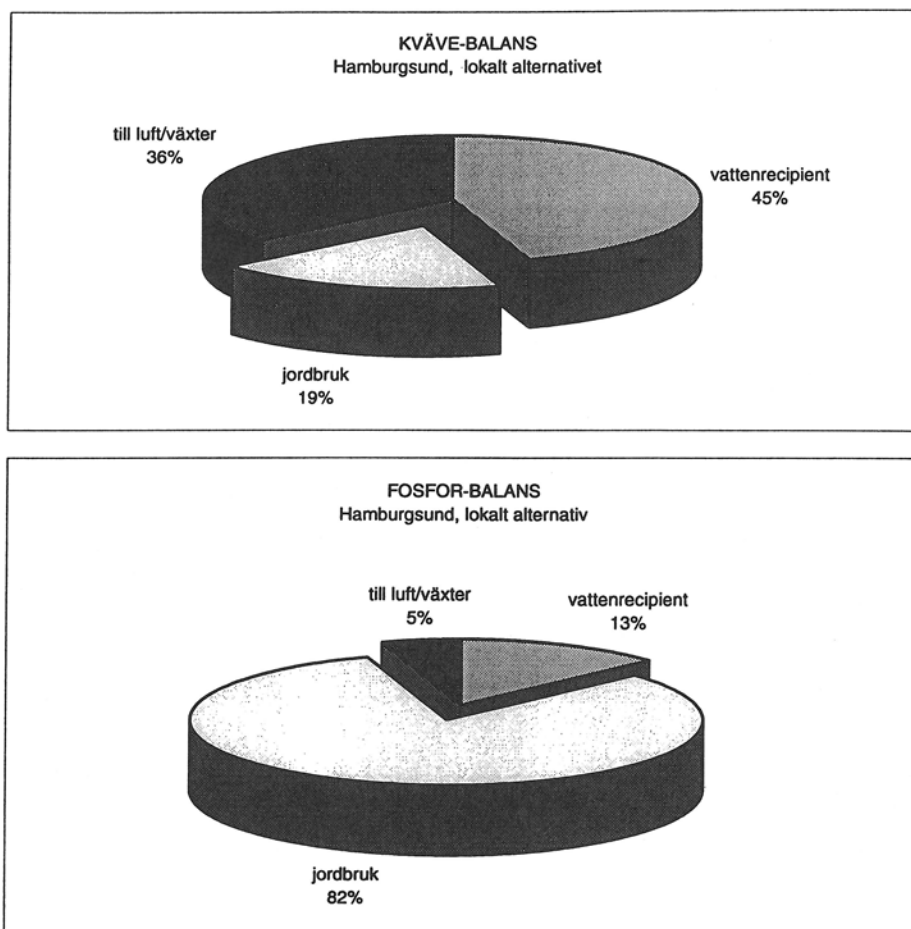
Efter slamavskiljning och luftning sker behandlingen i öppna filterbäddar. Ur kretsloppssynpunkt ger öppna filterbäddar möjlighet att återföra fosfor till jordbruket genom att med jämna mellanrum byta ut och tillvarata fosformättad filtersand.

En efterföljande behandling, där framförallt fosfor och BOD reduceras, sker i serpentindiken och dammar före utsläpp till recipienten, som utgörs av en liten vik i Hamburgsund, Rörvikskilen. Ytterligare kvävereduktion bedöms framförallt ske genom denitrifikation i tre grunda dammar, där vegetation efterhand naturligt får etablera sig.

I den första av dammarna installeras en pumpstation för bevattning av timotej under växtsäsongen. Timotejen nyttjas lokalt som djurfoder.

Filterbäddar och dammar placeras ca 1 km söder om samhället. I detta område finns en relativt stor sammanhängande areal jordbruksmark med en väl definierad avrinning mot Rörvikskilen. Jordarten utgörs framförallt av lera vilket minskar infiltrationen av avloppsvatten och möjliggör en relativt billig läggning av spillvattentryckledning från reningsverket. Området ligger relativt nära samhället vid en större befintlig väg.

Kväve- och fosforbalanser för detta system visas i *figur 2.11*. En mer detaljerad redovisning för systemets utformning samt förutsättningar och antaganden för beräkningarna finns i Malmqvist m fl (1995).



Figur 2.11 Kväve - och fosforbalanser i lokalt alternativ, Hamburgsund

Av totalt inkommande kväve till reningsanläggningen avgår ca 80 % till luft och vatten. Övrigt tas upp av växter via bevattningen och torkat slam. Fosfor fastläggs till största delen i filterbäddarna och kan nyttjas i jordbruket genom att översta sandlagret byts ut med vissa intervall och tillförs jordbruket.

Skillnaden mellan lokalt alternativ och nollalternativet är att inga reningskemikalier används. Ingen slamtransport sker, och bevattning kan ske av grödor.

2.2.4 Källseparerat alternativ

Förutsättningarna för källseparerat alternativ är att det skall vara ett avloppssystem med sortering av fekalier, urin och BDT-vatten vid källan.

En principskiss av avloppssystemet visas i *figur 2.12*.

Sortering av de olika fraktionerna innebär ett ingrepp i fastigheterna. Installation av separerande system sker därför lämpligen vid nybyggnation eller vid ombyggnation. En övergång till källsorterande system sträcker sig troligen över ett relativt stort antal år. I Hamburgsund finns olika typer av bebyggelse vilket innebär att avloppslösningarna blir olika beroende på hustyp. De olika hustyperna indelas i enfamiljshus med källare eller kryppgrund, enfamiljshus utan

källare och flerfamiljshus.

Urinsorteringen sker på samma sätt i de olika hustyperna. Urinen leds från toaletterna, se *faktaruta 3*, via klena ledningar till uppsamlingstankar i källaren eller nedgrävda utanför huset. Urintankarna, se *faktaruta 6*, töms två gånger per år av en lokal entreprenör som transporterar urinen till mellanlagringstank innan det tillförs jordbruket.

Faktaruta 6

Urintankar

Tankar för uppsamling kan vara av glasfiber eller betong. För att inte urean i urinen skall brytas ner till ammoniak bör innehållet i tanken hållas så sval som möjligt. Tanken placeras därför lämpligen under mark där en konstant låg temperatur kan hållas. Genom ett tättslutande lock eller genom att tillsätta t ex paraffinolja som lägger sig som en hinna över urinen kan ammoniakbildning nästan helt undvikas Jönsson m fl (1996).

Om en vattenspolande urinsortande toalett installeras "produceras" ca 500 l urinvatten /p, år.

En lämplig tankstorlek för en familj är 2 m³, om tömning planeras en gång per år.

Vid utsortering av fekalerna måste olika system användas beroende på hustyp. För hus med källare eller kryppgrund föreslås användning av någon typ av multrum som installeras under toaletten, se *faktaruta 7*.

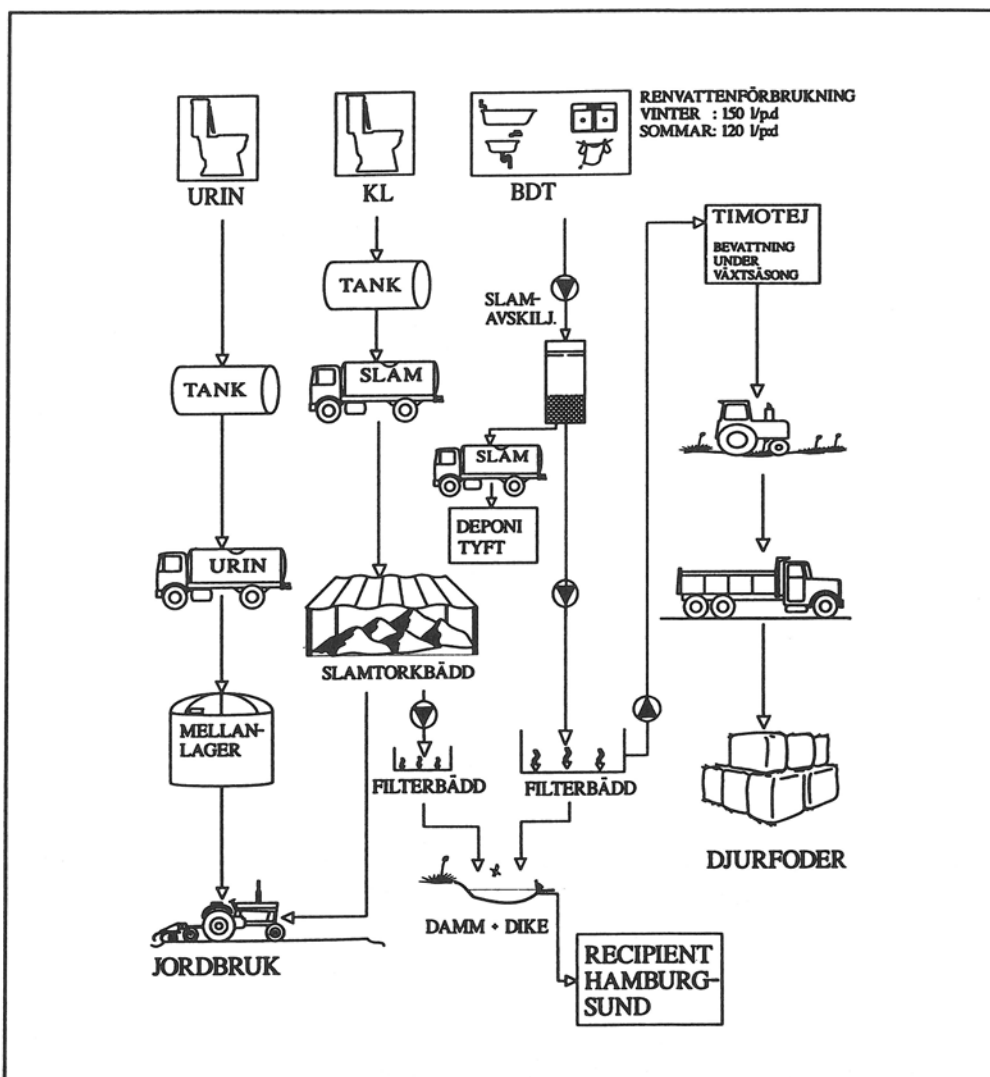
Faktaruta 7

Multrum

Fekaliedelen från toaletten (ej vattenspolning) faller ned i ett kärl som placeras i ett utrymme under huset. Kärlen byts efterhand som de blir fulla, och ställs åt sidan för efterkompostering/indunstning.

En blandning av fekalier och toalettpapper innehåller så mycket energi att vatteninnehållet kan dunsta utan tillskott av energi. Ingår även urin i blandningen måste energi i form av värme eller organiskt material tillsättas. Att minimera urintillskottet ger även ett bättre kol/kväve förhållande, vilket är gynnsamt för komposteringsprocessen. För att inte lukt skall spridas i huset, skapas ett undertryck i multrumsmodule genom en fläkt som suger ned luft genom toalettstolen. Systemet innebär ett merarbete av brukaren som måste byta indunstningsmoduler med jämna mellanrum. Problem med flugor har rapporterats (Svensson, 1993). Av denna anledning är det en fördel att byta indunstningsmodul relativt tätt, vilket även kan vara en fördel vid byte av kärl då vikten reduceras. Det komposterade materialet kan efter 6 månaders kompostering anses vara

För hus utan källare krävs att fekalerna spolas till en tank eller slamavskiljare som placerats bredvid huset. Den enklaste lösningen är att använda sig av en trekammarbrunn och leda vattenfasen till BDT-nätet. Denna lösning innebär en "kortslutning" av bakterier till BDT-nätet. För att undvika detta kan avdödning av bakterier ske på flera sätt, t ex genom att höja pH-värdet eller genom belysning med UV-ljus. Effekten av UV-ljus bedöms som tveksam eftersom vattnet innehåller mycket material i suspension. En pH-höjning innebär ett ökat behov av kemikalier och skötsel.

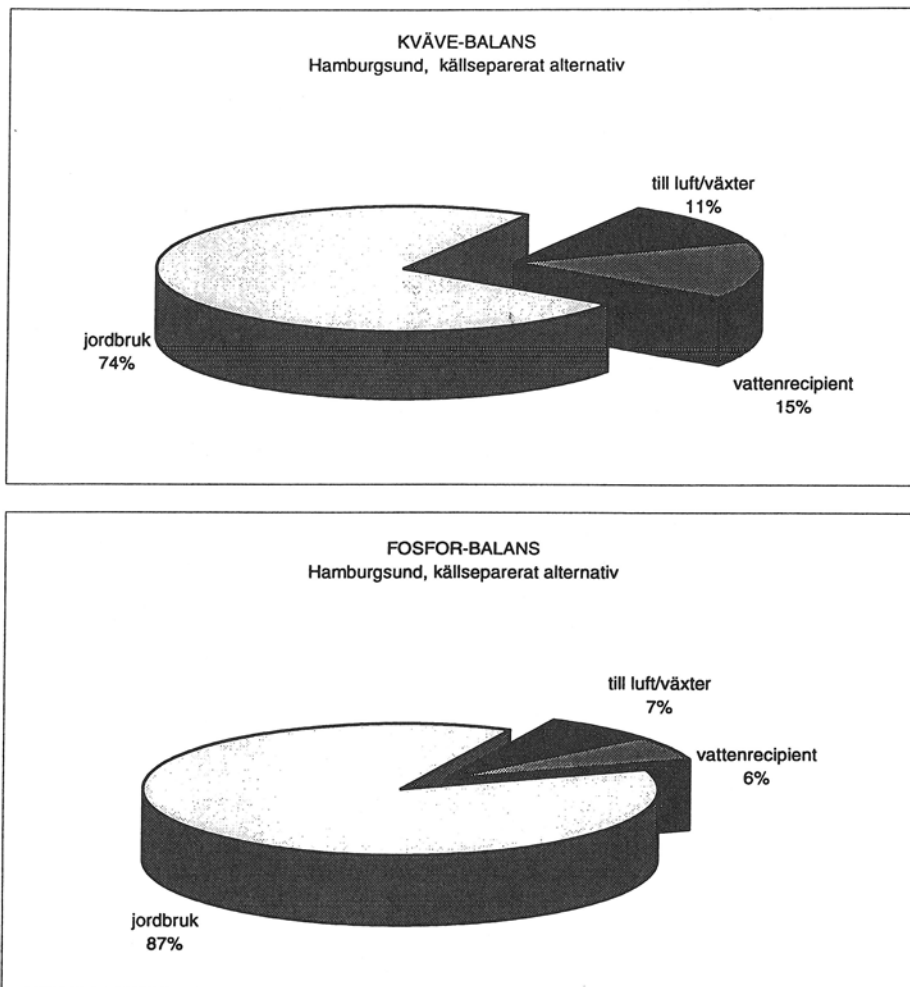


Figur 2.12 Flödesschema källseparerat alternativ, Hamburgsund

När det gäller flerfamiljshus sker transporten av fekalier i ett vakuumsystem som installerats i husen. Fekalierna förs genom evakueringspumpar från vakuumtanken till uppsamlingstankar som placerats utanför huset. Tömning sker med slambil två gånger per år. Slammet transporteras till slamtorkbäddar som placerats utanför tätbebyggelsen.

För omhändertagande av BDT-vattnet nyttjas det befintliga ledningsnätet med pumpstationer för samtliga hustyper. BDT-vattnet transporteras till filterbäddar för behandling med efterföljande "polering" i serpentinekanaler och dammar. En delström används för bevattning av timotej under växtsäsongen.

Kväve- och fosforbalanser i det källseparerade systemet visas i figur 2.13. En mer detaljerad redovisning för systemets utformning samt förutsättningar och antaganden för beräkningarna finns i Malmqvist m fl (1995).



Figur 2.13 Kväve- och fosforflöden för källseparerat alternativ, Hamburgsund

I det källseparerade alternativet kan 74 % av kvävet tillföras jordbruket och 87 % av fosfor. Av kvävet är det den del som finns i BDT-vattnet som till viss del passerar systemet och tillförs vatten- och luftrecipienten.

2.3 Krav på avloppssystemen

Inledningsvis nämndes att avloppssystemen utformats med tanke på att fem baskrav skulle uppfyllas, nämligen:

- Bästa möjliga hygien
- Bästa möjliga miljöskydd, i första hand vad gäller utsläpp till yt- och grundvatten.
- Bästa möjliga kretslopp av näringsämnen och vatten.
- Bästa möjliga ekonomi, dvs hushållning med resurser såsom, energi, vatten, transporter, markyta, kemikalier, pengar, arbetstid och fritid, etc
- Brukarvänligt system

Nedan beskrivs kortfattat på vilket sätt valda avloppssystem är tänkta att uppfylla dessa krav.

2.3.1 Hygien

Hygienaspekten är mycket viktig med tanke på att avloppet skall hanteras lokalt inne i bebyggelsen och av personal som inte är "professionella" jämfört med personal på ett VA-verk.

I de valda systemen ingår öppna filterbäddar, dammar, diken m m vilket innebär att avloppsvatten exponeras och risk finns att människor kan komma i kontakt med eventuella smittoämnen (bakterier, mikroorganismer). I filterbäddarna reduceras bakterier med över 99 % vilket gör att filtratet som avleds till bäckar och dammar är att betrakta som relativt harmlöst. Filterbäddarna bör dock hägnas in med stängsel eller eventuellt täta buskage för att förhindra att barn kommer åt ytorna. Filterbäddar och pumpstationer måste skötas av utbildad personal.

BDT-vatten innehåller också väsentliga mängder bakterier vilket gör att samma skydd gäller för detta vatten liksom för avloppsvatten som innehåller fekalier.

Tömning av slamtankar och liknande utförs av entreprenörer vars personal utför dessa uppgifter idag, utan rapporterade olägenheter.

Hygienaspekter vad gäller t ex användning av urin på jordbruksmark håller på att studeras i olika projekt. Det som hittills framkommit är bl a att bakterier och virus avdödas med tiden i en urinlösning där urean delvis brutits ner till ammoniak och ammoniumkväve, Jönsson m fl (1996). Därför är det viktigt att urinen lagras före spridning på åkermark. Graden av utspädning av urinen spelar också roll. Ju större spädning med vatten ju gynnsammare för bakterierna. Slutsatsen är bl a att installation av ledningar och tankar måste göras med stor noggrannhet för att undvika inträngande grund- och ytvatten.

2.3.2 Miljöskydd

De valda systemen, framförallt källseparerande alternativen, innebär att minimalt med föroreningar når vattenrecipienterna. Hanteringen av urinen kan innebära att ammoniak avgår till luft. Genom rätt lagring, transport och utläggningsmetod borde riskerna vara acceptabla.

Filterbäddarna fångar effektivt upp fosfor, metaller, organiskt material m m vilket innebär små mängder föroreningar till recipienten.

2.3.3 Kretslopp av näringsämnen

Genom att ta tillvara övre skiktet av filtersanden och föra ut den på åkermark skulle fosforinnehållet kunna tas tillvara. Fosfor är kemiskt bunden till mineralpartiklar i form av fosfater liksom fosfor i ett kemslam. Det är omtvistat hur tillgängligt detta fosfor egentligen är. Enligt källor i Wolgast (1993) är fosfor i kemslam inte tillgängligt för växter. Analyser av GRYAAB:s avvattnade slam visar att den växttillgängliga delen av fosfor är 10 % och kvävet i form av nitratkväve är 0,3 % av totalhalterna. Underlaget är hämtat från GRYAAB:s miljörapport från 1994.

Enligt muntlig information från LRF innebär dock tillförseln av organiskt material (slam, kompost) till åkermarken en kraftig mikrobiologisk aktivitet som ändå gör fosfor växttillgänglig med tiden.

Kemfällt slam där kalk använts som fällningskemikalie ger mer växttillgängliga näringsämnen än ett slam som fällts med järn eller aluminiumföreningar.

Urin där kvävet finns i form av urea och fosfor som fosfat är däremot mer växttillgängligt än slam. Det finns dock för lite kunskap om hur effektivt det är jämfört med t ex handelsgödsel.

Valda lösningar, framförallt källseparerat alternativ i både Hamburgsund och Bergsjön ger en optimal återföring av näringsämnen till jordbruket.

2.3.4 Hushållning med resurser

De valda lösningarna är enkla och naturanpassade vilket innebär att bl a energianvändningen är låg när det gäller driften av själva anläggningarna. Den energi som krävs är främst el för drift av pumpar.

Transporter av olika avloppsfraktioner sker dock med bil i större eller mindre omfattning, vilket kräver energi i form av fossilt bränsle. I beräkningarna har förutsatts att fossilt bränsle används eftersom det är det vanligaste bränslet idag. Transporterna har minimerats så långt som möjligt.

Tidåtgången för att sköta reningsanläggningarna är måttliga. Särskild utbildad personal krävs för att sköta pumpstationer, filterbäddar m m.

Kostnaderna för investeringar är måttliga eftersom det inte rör sig om tekniskt avancerade lösningar.

2.3.5 Brukarvänligt system

Ur brukarsynpunkt är valda lösningar enkla att hantera och använda. Vattenspolande "dubbel"toaletter innebär ingen större förändring mot nuvarande "vanliga" toaletter. De hushåll som skall hantera multrumsmoduler får dock ett merarbete

genom att kärl skall bytas emellanåt.

I övrigt hanteras reningsanläggning, slamavskiljare, tankar m m av särskild personal.

3 MILJÖMÄSSIGA JÄMFÖRELSER

Jämförelser av de miljömässiga konsekvenserna av de framtagna alternativen har skett med fyra olika metoder:

- Riktningsanalys
- Miljökonsekvensbeskrivning
- Livscykelanalys
- Naturekonomi

3.1 Riktningsanalys

Riktningsanalysen har gjorts gemensamt av hela projektgruppen och finns redovisad av Malmqvist m fl (1995). Riktningsanalysens syfte i detta projekt var att svara på frågan; är de valda alternativa VA-lösningarna mer miljöanpassade än de traditionella. Går det åt rätt håll? För att kunna svara på frågan har ett antal miljökriterier ställts upp som motsvarar en miljöanpassad lösning vilken skall medverka till ett uthålligt samhälle.

De kriterier som valdes för riktningsanalysen är en överbearbetning av de systemvillkor som angivits av Holmberg (1992). Systemvillkoren ingår i Det Naturliga Stegets kriterier för ett uthålligt samhälle.

Det finns ett antal andra principer och villkor som även skulle kunna användas i detta sammanhang, t ex Kommunförbundets uppställda kriterier (Eva Grundelius).

De kriterier som ställdes upp delades i tre grupper:

- A) Naturens villkor
- B) Människans villkor
- C) Genomförandefrågor

A. *Naturens villkor*

1. ***Stabila och tillräckligt låga halter av ämnen från jordskorpan.***
Ändligen lagerresurser (döda förråd under markens yta) får inte förbrukas och spridas till ökande halter av molekylsopor.

2. ***Tillräckligt låga halter av ämnen från samhällets produktion.***
Ämnen från samhället får inte produceras i sådan volym och av sådan kvalitet att de kommer att öka i naturen. I praktiken innebär det helt upphörd produktion av naturfrämmande och långlivade ämnen, det vill säga sådana ämnen som inte bryts ned till naturenliga ämnen.
3. ***Bevarat fysiskt underlag för naturens kretslopp och mångfald.***
Naturens produktiva ytor får inte systematiskt skadas eller undanträngas.

B. Människans villkor

1. ***Effektiv och rättvis resursomsättning.***
Eftersom samhällets resursomsättning måste rymmas inom naturens kapacitet att förse oss med resurser respektive processa avfallet, får resursomsättningen inte vara ineffektiv. Den får inte heller fördelas så, att den rika delen av världen tappar kontakt med grundläggande mänskliga behov inklusive de själsliga, medan andra delar av mänskligheten utarmas på de basresurser som är nödvändiga för att tillfredsställa samma behov.
2. ***Fysisk och psykisk hälsa***
Människan får inte utsättas för onödiga risker som äventyrar hennes fysiska eller psykiska hälsa.

C. Genomförande

1. Organisation
2. Juridik
3. Ekonomi
4. Brukaraspekter
5. Sårbarhet, säkerhet

3.1.1 Naturens villkor

Det första systemvillkoret - *stabila och tillräckligt låga halter av ämnen från jordskorpan* - gäller uttaget av ändliga resurser ur jordskorpan. Dessa skall hållas så låga som möjligt. Med ändliga resurser avses t ex olja (fossilt bränsle), mineraler (metaller av olika slag), kalksten (cementtillverkning), fosfor (gödningsmedel).

När det gäller en avloppsanläggning krävs för byggandet av anläggningen i fråga material av olika slag, t ex betong, stål och plast som härrör från ändliga resurser. Även under anläggningens drifttid krävs resurser av olika slag t ex reningskemikalier och energi.

I riktninganalysen behandlade vi enbart resursförbrukningen under driftskedet och då i första hand energianvändningen, näringsämnen fosfor och kväve samt kadmium.

Det andra systemvillkoret - *tillräckligt låga halter av ämnen från samhällets produktion* - omfattar i detta sammanhang, utsläpp från avloppssystemen till recipienten.

De ämnen som studerades i första hand var kväve, fosfor och BOD (ett mått på organiskt nedbrytbar substans).

Det tredje systemvillkoret- *bevarat fysiskt underlag för naturens kretslopp och mångfald*- tar upp i vilken utsträckning avloppsanläggningarna tar i anspråk produktiva ytor där fotosyntesen producerar biologiskt material.

För att kunna göra bedömningar efter kriterierna ovan togs uppgifter fram om energianvändning, "producerad" mängd fosfor och kväve, utsläppta mängder kväve, fosfor och BOD samt ytbehovet för behandlingsanläggningarna och odlingsytor i de olika alternativen för Hamburgsund och Bergsjön. Uppgifterna sammanställdes i tabell- och diagramform för lättare jämförelse och utvärdering.

3.1.2 Människans villkor

De kriterier som sattes upp var - *effektiv och rättvis resursomsättning och fysisk och psykisk hälsa*. Det första kriteriet innebär att användningen av resurser för att behandla avloppsvattnet och återvinna produkter och energi måste vara effektiv dvs rymmas inom naturens kapacitet att förse oss med resurser. En rättvis resursomsättning innebär att resurser inte skall nyttjas på ett sådant sätt att utarmning sker i andra (fattiga) delar av världen.

I riktninganalysen hittade vi inte någon bra parameter som belyser dessa aspekter.

Kriteriet om fysisk och psykisk hälsa innebär att avloppssystemet skall vara så utformat att risken för smittspridning minimeras.

Genom att studera de olika alternativa avloppslösningarna gjordes en bedömning om huruvida de är bättre eller sämre med avseende på smittspridning.

3.1.3 Genomförandefrågor

Organisatoriska och juridiska frågor som sammanhänger med driften av avloppssystemet har inte kunnat studeras inom projektets ramar. Dessa frågor är dock viktiga att belysa.

Ekonomi vad gäller anläggandet av de alternativa VA-systemen har studerats översiktligt. De anläggningsdelar som är samma i de olika alternativen (ledningsnät, pumpstationer etc) har inte tagits med i beräkningarna. Driftkostnader hade inte tagits fram inför riktninganalysen.

Brukaraspekterna på avloppssystemen kan t ex vara
- rimliga och rättvisa taxor

- hög funktionssäkerhet
- bekvämlighet och rimliga uppoffringar vad gäller skötsel av toaletter m m
- acceptans och engagemang hos brukarna

I riktninganalysen gjordes en bedömning av de alternativa avloppssystemens funktionssäkerhet m m. Det finns dock ingen parameter som entydigt kan användas för jämförelse av systemen.

Sårbarhet och säkerhet är faktorer som är viktiga för ett avloppssystem men ännu viktigare för ett vattenförsörjningssystem. Trots att säkerheten är hög i ett tekniskt komplicerat system blir samtidigt anläggningarna sårbara. Ett småskaligt vatten- och avloppssystem blir i allmänhet mer robust än ett storskaligt samtidigt som ett mindre antal människor blir drabbade om det händer något. Någon entydig parameter kunde inte belysa sårbarhet och säkerhet hos de alternativa avloppssystemen.

3.1.4 Sammanfattning

I *tabellerna 3.1 och 3.2* nedan görs en summarisk värdering av systemegenskaperna hos de lokala och källseparerade alternativen jämfört med noll-alternativet.

Observera att tabellerna bör tolkas "med försiktighet". De olika systemegenskaperna har olika stor vikt, och det avrådes från någon slags summering av egenskaperna.

Sammanfattningsvis kan man göra den bedömningen vad gäller Hamburgsund:
- att lokalt alternativ och källseparerat alternativ är bättre än noll-alternativet och att källseparerat system verkar bäst uppfylla uppställda kriterier.

Vad gäller Bergsjön är resultatet mer svårtolkat. Det gäller framförallt energiåtervinningen där noll-alternativet är överlägset de alternativa systemen där ingen värmeåtervinning förutsätts. Vad gäller övriga parametrar indikerar de att källseparerat system bäst uppfyller de kriterierna som ställts upp.

Tabell 3.1 Hamburgsund*Sammanfattande riktninganalys, jämförelse med det befintliga systemet*

| Systemegenskap | Lokalt alternativ | Källseparerat alternativ |
|---------------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| Total energianvändning | mindre | något mindre |
| Fosfor till odlingsmark | betydligt mer | betydligt mer |
| Kväve till odlingsmark | mer | betydligt mer |
| Utsläpp till vattendrag, Fosfor | mindre | mindre |
| Utsläpp till vattendrag, Kväve | mindre | betydligt mindre |
| Utsläpp till vattendrag, BOD | mindre | mindre |
| Ytor behandlingsanläggning | betydligt större | betydligt större |
| Odlingsytor som kan gödas | betydligt större | betydligt större |
| Smittspridning | lika | lika |
| Anläggningskostnad | lägre | lägre ¹ |

¹ Kostnaderna för ombyggnad i husen tillkommer, vilket innebär att anläggningskostnaderna blir högre än det befintliga alternativet.

Tabell 3.2 Bergsjön*Sammanfattande riktninganalys, jämförelse med det befintliga systemet*

| Systemegenskap | Lokalt alternativ | Källseparerat alternativ |
|------------------------------|-------------------|--------------------------|
| Total energianvändning | något mindre | mindre ² |
| Energiåtervinning, gas | något mindre | något mindre |
| Energiåtervinning, värme | betydligt mindre | betydligt mindre |
| Fosfor till odlingsmark | betydligt mer | betydligt mer |
| Kväve till odlingsmark | mer | betydligt mer |
| Utsläpp till vattendrag, P | mer | lika |
| Utsläpp till vattendrag, N | något mindre | betydligt mindre |
| Utsläpp till vattendrag, BOD | mer | mindre |
| Ytor behandlingsanläggning | betydligt större | betydligt större |
| Odlingsytor som kan gödas | betydligt större | betydligt större |
| Smittspridning | lika | lika |
| Anläggningskostnad | något högre | högre ³ |

Resultatet vad gäller utsläppen till recipienten skiljer sig åt i Bergsjön och Hamburgsund.

I Hamburgsund, lokalt och källseparerat alternativ, sker dels fastläggning av näringsämnen i filtren dels nyttjas näringen vid bevattning. Utsläppen till recipienten blir därmed lägre än i befintligt alternativ.

I Bergsjön, lokalt alternativ, sker utsläppet direkt till närrecipienten efter filterbäddarna. Det befintliga alternativet, med kemfällning och utbyggd kväve-
rening, ger därmed lägre utsläpp än det lokala alternativet. I källseparerat alternativ sker utsläppen delvis till våtmarker.

² I rapport av Malmqvist m fl 1995 anges "mer". Inför LCA-analysen valdes en annan typ av vakuumsystem för hantering av fekalier vilket innebar att energianvändningen blev mycket lägre för detta alternativ jämfört med noll-alternativet.

³ Kostnader för ombyggnad i fastigheterna tillkommer