

## Vurdering af bæredygtig spildevandshåndtering i kloakløse bebyggelser

## Vurdering af bæredygtig spildevandshåndtering i kloakløse bebyggelser

Steen Peter Mikkelsen<sup>1</sup>, Birgitte Hoffmann<sup>2</sup>, Morten Smith<sup>1</sup>,  
Ann Marie Eilersen<sup>1</sup>, Susanne Balslev Nielsen<sup>2</sup>, Søren Gabriel<sup>1</sup>,  
Mikkel Boye Hauger<sup>1</sup>, Morten Elle<sup>2</sup> og Mogens Henze<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Danmarks Tekniske Universitet, Miljø & Ressourcer

<sup>2</sup>Danmarks Tekniske Universitet, BYG

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

# Indhold

<b>FORORD</b>	<b>5</b>
<b>SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER</b>	<b>7</b>
<b>SUMMARY AND CONCLUSIONS</b>	<b>9</b>
<b>1 INDLEDNING</b>	<b>11</b>
1.1 BAGGRUND	11
1.2 FORMÅL OG MÅLGRUPPE	12
1.3 PROJEKTETS INDHOLD OG SLUTPRODUKTER	12
1.4 RAPPORTENS INDHOLD	13
<b>2 BÆREDYGTIGHED AF SPILDEVANDSPROJEKTER</b>	<b>15</b>
2.1 HVAD BETYDER <i>BÆREDYGTIG UDVIKLING?</i>	15
2.2 METODER TIL VURDERING AF BÆREDYGTIG UDVIKLING	17
2.3 METODER TIL VURDERING AF SPILDEVANDSSYSTEMERS BÆREDYGTIGHED	19
<b>3 ARBEJDSMETODEN</b>	<b>23</b>
3.1 PLANLÆGNING OG VURDERING - SIDELØBENDE PROCESSER	23
3.2 SAMMENHÆNG MED POLITIK OG REGULERING	25
3.3 KRITERIER FOR VURDERING	25
3.4 VURDERINGSPRINCIPPER	28
<b>4 GENNEMGANG AF UDVALGTE CASES</b>	<b>29</b>
4.1 OVERSIGT OVER ARBEJDET MED CASES OG BRUGEN AF PROJEKTETS VÆRKTØJER	29
4.2 SPILDEVANDSPANLÆGNING I EN ØKOBY, MUNKESØGÅRD VED ROSKILDE	30
4.3 BYØKOLOGISKE TILTAG VED PLANLÆGNING AF BYDELEN HVISSINGE VEST I GLOSTRUP	32
4.4 LOKAL HÅNDTERING AF SPILDEVAND I KOLONIAVER	33
4.5 MULIGHEDER FOR SPILDEVANDSHÅNDTERING PÅ CHRISTIANSØ	34
4.5.1 <i>Indledende stedsanalyse</i>	35
4.5.2 <i>Opstilling af teknologialternativer</i>	36
4.5.3 <i>Multikriterievurdering</i>	37
4.5.4 <i>Anbefalinger</i>	38
4.6 VURDERING AF SPILDEVANDSLØSNINGER I DET ÅBNE LAND – ET CASESTUDIE OM HILLERØD KOMMUNE	39
4.6.1 <i>Den indledende stedsanalyse</i>	39
4.6.2 <i>Opstilling af bruttoliste</i>	40
4.6.3 <i>Vurdering og opstilling af løsninger</i>	40
4.6.4 <i>Uddybende stedsanalyser</i>	41
4.6.5 <i>Uddybende vurdering af opstillede spildevandssystemer</i>	43
<b>5 FORMIDLING AF VÆRKTØJER</b>	<b>47</b>
5.1 PROJEKTETS WEB-SITE PÅ INTERNETTET	47
5.2 VEJLEDNING I STEDSANALYSE	47
5.3 DIALOGVÆRKSTEDER – INSPIRATION TIL DIALOG	49

5.4	TEKNOLOGISK INFORMATIONSVÆRKTØJ	52
5.4.1	<i>Informationsværktøjets opbygning</i>	53
5.4.2	<i>Eksempler på komponenter, proces- og systemdiagrammer</i>	54
<b>6</b>	<b>OPSAMLING OG PERSPEKTIVERING</b>	<b>57</b>
6.1	OPSAMLING FRA CASESTUDIERNE	57
6.2	RELATION TIL ANDRE INITIATIVER PÅ OMRÅDET	58
6.3	LOVGIVNINGSMÆSSIGE BARRIERER	58
6.4	PERSPEKTIVER FOR DET VIDERE ARBEJDE	59
<b>7</b>	<b>KONKLUSION</b>	<b>63</b>
<b>8</b>	<b>REFERENCELISTE</b>	<b>65</b>

**Bilag A** Publikationer og formidling i relation til projektet

# Forord

Nærværende rapport sammenfatter resultaterne af projektet "*Vurdering af bæredygtig spildevandshåndtering i kloakløse bebyggelser*", der blev gennemført i perioden oktober 1998 - december 2001 under "Aktionsplanen til fremme af økologisk byfornyelse og spildevandsrensning - tema 1: Økologisk håndtering af spildevand i det åbne land".

Projektets overordnede formål er at udvikle metoder til sammenlignende vurdering af løsninger til bæredygtig håndtering af spildevand i områder uden centrale kloaksystemer i traditionel forstand (kloakløse bebyggelser). Der tænkes hér på bl.a. ejendomme i det åbne land, sommerhus- og kolonihavebebyggelser samt moderne 'øko-byer', der er planlagt specifikt med henblik på at benytte alternative former for spildevandshåndtering. Som et led heri er der udarbejdet en række vejledninger og værktøjer til brug i forbindelse med vurdering af 'kloakløs' spildevandshåndtering, ligesom de udviklede metoder er afprøvet i en række casestudier, der er afrapporteret selvstændigt. Dette materiale stilles til rådighed gennem Internettet ([www.er.dtu.dk/projects/kloaklose](http://www.er.dtu.dk/projects/kloaklose)). Projektets resultater er desuden formidlet gennem en række danske og internationale publikationer.

Projektet er gennemført i samarbejde mellem Miljø & Ressourcer DTU (M&R) og BYG•DTU. Gruppen af medarbejdere, der har gennemført projektet, var før institutsammenlægningerne på DTU ved årsskiftet 2000/2001 tilknyttet hhv. Institut for Miljøteknologi (IMT) og Institut for Planlægning (IFP).

Arbejdsgruppen bestod af følgende personer fra de to institutter:

Peter Steen Mikkelsen (M&R)  
Birgitte Hoffmann (BYG•DTU)  
Morten Smith (M&R)  
Ann Marie Eilersen (M&R)  
Susanne Balslev Nielsen (BYG•DTU)  
Søren Gabriel (M&R)  
Mikkel Boye Hauger (M&R)  
Morten Elle (BYG•DTU)  
Mogens Henze (M&R)

Derudover har en række personer bidraget med inspiration og deltaget i væsentlige diskussioner, særligt i projektets start. Vi ønsker specielt at række en tak til Knud Christensen, Claus Refeld Moshøj og Sten Leleur fra det tidligere Institut for Planlægning, Anna Ledin, Wolfgang Rauch og Jens Christian Tjell fra det tidligere Institut for Miljøteknologi, Michael Hauschild fra Institut for Produktion og Ledelse og Simon Wrisberg fra Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, Institut for Jordbrugsvidenskab. Sidstnævnte har været involveret i et projekt under Aktionsplanens tema 3, der har kørt parallelt og i delvist samarbejde med dette projekt. Jonas Honoré og Allan Frank skal også have tak for hjælp til at udarbejde projektets hjemmesider. Endvidere ønsker vi at takke vores mange samarbejdspartnere i forbindelse med projektets casearbejde.

Endelig har projektet været fulgt af en projektstyregruppe, der udover Morten Elle, Mogens Henze og Peter Steen Mikkelsen fra arbejdsgruppen havde følgende sammensætning, i alfabetisk rækkefølge:

Karsten Krogh Andersen, DHI Institut for Vand og Miljø  
Arne Backlund, A&B Backlund Aps  
Linda Bagge, Miljøstyrelsen  
Thorkild Boisen, Spildevandskomiteens udvalg for lokal håndtering af spildevand  
Knud Christensen, BYG•DTU  
Søren Dyck-Madsen, Det Økologiske Råd  
Inge Faldager, Rørcentret, Teknologisk Institut  
Michael Hauschild, Institut for Produktion og Ledelse, DTU  
Jens Holck-Christiansen, Dansk Center for Byøkologi  
Line Wilchen Hollesen, Miljøstyrelsen  
Anette Holtze, Storstrøms amt  
Mogens Kaasgaard, Miljøstyrelsen  
Jacob Magid, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole  
Martin Møller, Rørcentret, Teknologisk Institut  
Inge Røpke, Institut for Produktion og Ledelse, DTU  
Anne Smith, Miljøstyrelsen  
Anneke E. Stubsgaard, DHI Institut for Vand og Miljø  
Per Sulsbrück, Hillerød Kommune  
Per Vagn-Hansen, Embedslægeinstitutionen for Storstrøms amt

Vi takker for de mange konstruktive bidrag fra projektstyregruppen og øvrige bidragsydere. Det understreges dog, at rapportens konklusioner står for arbejdsgruppens egen regning.

*Kgs. Lyngby, maj 2002*

Rapporten bedes citeret som følger:

Mikkelsen, P.S.; Hoffmann, B.; Smith, M.; Eilersen, A.M.; Nielsen, S.B.; Gabriel, S.; Hauger, M.B.; Elle, M. og Henze, M. (2002): Vurdering af bæredygtig spildevandshåndtering i kloakløse bebyggelser. *Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning*, Miljøstyrelsen.

# Sammenfatning og konklusioner

Nærværende rapport sammenfatter resultaterne af projektet "*Vurdering af bæredygtig spildevandshåndtering i kloakløse bebyggelser*", der blev gennemført i perioden oktober 1998 - december 2001 under "Aktionsplanen til fremme af økologisk byfornyelse og spildevandsrensning - tema 1: Økologisk håndtering af spildevand i det åbne land".

Projekts resultat er et sammenhængende koncept for planlægning og vurdering af løsninger til bæredygtig håndtering af spildevand i områder uden centrale kloaksystemer i traditionel forstand (kloakløse bebyggelser). Der tænkes hér på bl.a. ejendomme i det åbne land, sommerhus- og kolonihavebebyggelser samt moderne 'øko-byer', der er planlagt specifikt med henblik på at benytte alternative former for spildevandshåndtering. Konceptet har karakter af et beslutningsstøttesystem med følgende centrale elementer (værktøjer):

- *Stedsanalysen*, der gennemføres for at sikre at der i planlægningen tages hensyn til lokale forhold, der kan have afgørende betydning for løsningens bæredygtighed.
- *Dialogværkstedet*, der kan benyttes for at skabe dialog mellem forskellige aktører og skabe klarhed over deres præferencegrundlag.
- *Det teknologiske informationsværktøj*, der kan skabe overblik over de teknologiske muligheder.
- *Vurderingerne*, der kan benyttes til *sammenligning* af forskellige tekniske løsningsmuligheder på et helhedsorienteret grundlag.

Som et led i projektet er der udarbejdet en række "slutprodukter", som er udviklet og afprøvet i forbindelse med en række casestudier, og som belyser de centrale elementer nævnt ovenfor. Projektets slutprodukter samt rapporter over casestudierne stilles til rådighed gennem Internettet ([www.er.dtu.dk/projects/kloaklose](http://www.er.dtu.dk/projects/kloaklose)). Brug af web-mediet lægger som formidlingsform op til et nyt paradigme for formidling af information, der skal nå en bred målgruppe, og hvor man må forvente et stort behov for løbende at opdatere informationen, specielt mht. beskrivelserne af de tekniske løsninger. Indholdet af ovennævnte web-site er sammenfattet i nærværende rapport, der har følgende indhold:

*Kapitel 2* redegør kortfattet for en række definitioner af begrebet bæredygtig udvikling og forklarer, hvordan metoder til vurdering af bæredygtighed tager sig forskelligt ud afhængigt af, om der tages udgangspunkt i en kvantitativ eller en kvalitativ tilgang, og om der fokuseres på mennesker eller miljø.

*Kapitel 3* beskriver projektets arbejdsmetode, der bygger på sammenhængende planlægning og vurdering af spildevandssystemer med hovedvægt på de fire elementer nævnt ovenfor. Desuden redegøres der for otte basale vurderingskriterier, der er opstillet ud fra et krav om helhedsorienteret vurdering af bæredygtighed, hhv. 1) *miljøbelastning og ressourceforbrug*, 2) *hygiejne og sikkerhed*, 3) *drift og vedligeholdelse*, 4) *brug og renholdning*, 5) *økonomi*, 6) *selvforvaltning*, 7) *robusthed* og 8) *demonstrationseffekt*.



*Kapitel 4* gennemgår i hovedtræk projektets empiriske arbejde koncentreret om fem udvalgte cases, hhv.

- *Spildevandsplanlægning i en økoby, Munkesøgaard ved Roskilde*
- *Byøkologiske tiltag ved planlægning af bydelen Hvissinge Vest i Glostrup*
- *Lokal håndtering af spildevand i kolonihaver*
- *Muligheder for lokal spildevandshåndtering på Christiansø, og*
- *Vurdering af spildevandsløsninger i det åbne land – et casestudie om Hillerød Kommune.*

*Kapitel 5* giver en oversigt over indholdet og opbygningen af det ovennævnte web-sted. *Kapitel 6* opsummerer kortfattet casearbejdet, diskuterer projektets resultater i relation til andre aktiviteter under Aktionsplanens tema 1 og nævner de barrierer for lokale spildevandsløsninger, der er identificeret gennem projektet. Endelig diskuteres anvendelse af vurderingsmetoder og perspektiverne for udviklingsaktiviteter i forlængelse af projektet. *Kapitel 7* sammenfatter projektets overordnede konklusioner:

- Der er udviklet en metode til systematisk og sammenhængende planlægning og vurdering af systemer til bæredygtig håndtering af spildevand i kloakløse bebyggelser. Metoden tager udgangspunkt i at værdisætte otte basale kriterier for konkrete spildevandsløsninger for derefter at vægte de forskellige kriterier i forhold til hinanden. På denne måde er det muligt at gøre den samlede vurdering mere gennemskuelig.
- Alle kriterier er ikke lige lette at værdisætte - f.eks. har det ikke været muligt at vurdere hygiejnemæssige forhold på en måde, så de kan afvejes i forhold til andre kriterier som f.eks. økonomi. Desuden er vurdering af miljøbelastningen oftest et spørgsmål om at kontrollere, om udledningerne reduceres tilstrækkeligt i forhold til de opstillede krav. Der er behov for at udvikle bedre metoder til at værdisætte bæredygtighedskriterier, så de kan afvejes i forhold til hinanden.
- Forskellige aktører har meget forskellige opfattelser af, hvad der er de vigtigste kriterier for bæredygtig spildevandshåndtering. Derfor er der behov for at inddrage brugerne i planlægningssituationen og i valget mellem forskellige løsninger til håndtering af spildevand. Der er udviklet et værktøj – dialogværkstedet – som er en struktureret mødeform, der åbner mulighed for at inddrage interessegrupper og enkeltpersoner i beslutninger om alternativ miljøteknologi.
- Den optimale løsning for håndtering af spildevand varierer fra sted til sted. Der er udviklet et værktøj til systematisk stedsanalyse, som kan benyttes som udgangspunkt i konkrete planlægningssituationer. Værktøjet kan endvidere anvendes bredere end blot indenfor spildevandsplanlægning.
- Det er afgørende at have overblik over alternative teknologier til håndtering af spildevand. Der er udviklet et elektronisk informationsværktøj (et Internetkatalog), der som en meget væsentlig del indeholder massebalancer for udvalgte komponenter, processer og systemer til håndtering af spildevand. Det er åbenlyst, at mange af de undersøgte teknologier endnu ikke er færdigudviklede, og der er et stort potentiale og behov for videreudvikling. Værktøjet er opbygget, så det vil kunne opdateres og udbygges i takt med at vidensniveauet øges.

# Summary and conclusions

This report summarises the result of the project “ *Assessment of sustainable wastewater handling in sewerless settlements*“, which was conducted during October 1998 – December 2001 under a Danish research programme on ecological urban renewal and wastewater treatment.

The project has resulted in a coherent concept for planning and assessing solutions to sustainable handling of wastewater in areas without conventional sewer systems (sewerless settlements), such as farm houses, summer cottages, garden allotments, villages and ecological settlements planned with a view to avoiding sewers. The concept, or decision support system, contains the following main elements:

- The *on-site analysis*, which ensures that the planning process accounts for local conditions that can be significant for the sustainability of a solution.
- The *dialogue workshop*, which may be used to create dialogue between different stakeholders and clarify their preferences.
- The *technology information tool*, which can provide an overview of the technological possibilities.
- The *assessments*, which can be used to compare different technical solutions on a holistic basis.

A number of tools, case study reports and other publications that expose the main elements mentioned above are made available through the Internet ([www.er.dtu.dk/projects/kloaklose](http://www.er.dtu.dk/projects/kloaklose)). Using the web-media sets a new stage for communicating information to a broad target group, especially when there is a large need for updating information. The content of the main web site is summarised in this report, which has the following content:

*Chapter 2* gives an account of a number of definitions of the concept *sustainable development* and explains how methodologies for sustainability assessment appear very different, depending on whether a quantitative or a qualitative approach is followed and whether focus is on the environment or on people.

*Chapter 3* describes the project working method, which is based on parallel planning and assessment of wastewater systems with emphasis on the four elements mentioned above. In addition, eight basic assessment criteria are put forward, based on a demand for coherent assessment of sustainability; 1) *environmental stress and resource consumption*, 2) *hygiene and safety*, 3) *operation and maintenance*, 4) *use and cleaning*, 5) *economy*, 6) *self-government*, 7) *durability*, and 8) *demonstration value*.

*Chapter 4* summarises the main features of the empirical work, concentrated in five selected cases:

- *Wastewater planing in an eco-village, Munkesøgaard, Roskilde*

- *Urban ecology in planning of the Hvissinge Vest district, Glostrup*
- *Local handling of wastewater in garden allotments*
- *Options for sustainable handling of wastewater at Christiansø – a small island in the Baltic*
- *Assessment of wastewater handling in the country - a case study of Hillerød municipality*

*Chapter 5* gives a and overview of the content and structure of the above mentioned web site. *Chapter 6* briefly summarises the case work, discusses the results in view of other activities under the same research programme and highlights the barriers for local wastewater solutions that have been identified in the project. Finally the use of assessment methods and the perspectives for further work in continuation of this project are discussed. *Chapter 7* sums up the main conclusions of the project:

- A method for systematic and coherent planning and assessment of solutions for sustainable handling of wastewater in sewerless settlements has been developed. Eight basic criteria are evaluated and subsequently weighted in proportion to each other for specific wastewater solutions, thereby making the final assessment more transparent.
- Not all eight criteria are easily evaluated. It was e.g. not possible to evaluate *hygienic conditions and safety* so that that they could be compared and assessed against other criteria such as *economy*. The *environmental stress* criteria is furthermore mostly a matter of controlling that the discharges are sufficiently reduced to comply with the established regulations. There is a need for developing better methods for evaluating sustainability criteria and facilitating comparison and assessment.
- Different stakeholders have very different views towards criteria for sustainable wastewater handling. Thus, there is a need for involving the users in the planning process and in the choice between different solutions to wastewater handling. The *dialogue workshop* has been developed as a tool for involving interest groups and individuals in decisions related to alternative wastewater handling.
- The optimal solution to wastewater handling varies depending on the context and the location. A guiding tool has therefore been developed to assist planners in conducting *on-site analysis* in practice. This tool may also be useful in other planning situations not directly related to wastewater handling.
- It is of primary importance to have a good overview of alternative technologies for wastewater handling. An electronic *information tool* (an Internet catalogue) has therefore been developed, containing mass balances for selected components, processes and systems for wastewater handling - but also communicating other types of information relevant in planning and assessment. Clearly, there is a potential and a need for further development of many of the studied technologies. The information tool is structured to facilitate easy updating in step with the expected increase of knowledge.

# 1 Indledning

## 1.1 Baggrund

Vandforureningen fra spredt bebyggelse er kommet i fokus, og der er i vid udstrækning politisk enighed om, at spildevandet i det åbne land skal håndteres. Spørgsmålet er hvordan?

Der eksisterer nogle få teknologier, som enten er under typegodkendelse, eller for hvilke der findes tekniske vejledninger. Det gælder f.eks. biologiske minirensningsanlæg og nedsivningsanlæg. Der er også i nogle tilfælde et ønske om at håndtere spildevand v.h.a. alternative teknologier, som f.eks. gør det muligt at genanvende spildevandets gødningsindhold og endda høste en afgrøde produceret som en del af spildevandsbehandlingen. Sådanne løsninger har ikke været afprøvet endnu. Det gælder f.eks. løsninger baseret på kildesortering og genanvendelse af urin og fækalier samt fordampningsanlæg baseret på pil.

Der er mange forskellige tekniske muligheder for at løse spildevandsproblemer, eller dele heraf, men der eksisterer *ikke* et samlet *overblik* over teknologier eller kombinationer af teknologier, som kan danne grundlag for beslutninger. Ofte er teknologivalget baseret på den baggrundsviden, der eksisterer hos kommune, kloakmester og rådgiver, eller på holdninger hos bygherren og andre aktører om, at ganske bestemte teknologier er specielt hensigtsmæssige eller *økologiske*.

Det er imidlertid vigtigt at understrege, at ingen teknologier i sig selv er økologiske eller bæredygtige. Man kan derimod tale om systemløsninger (kombinationer af teknologier), der afhængigt af de lokale forudsætninger i større eller mindre grad understøtter en bæredygtig udvikling. Der er behov for at konkretisere og operationalisere, hvordan begrebet *bæredygtig udvikling* kan anvendes indenfor spildevandssektoren. I en lang række tilfælde vil der dog pragmatisk set være tale om at vurdere forskellige alternative systemløsninger mod hinanden for at finde den mest hensigtsmæssige på det pågældende sted ud fra en helhedsbetragtning.

Det er vigtigt at gøre sig klart, at en vurdering af den samme systemløsning vil falde forskelligt ud, afhængigt af det sted, hvor den tænkes anvendt. Desuden vil skalaen (bebyggelsens størrelse) influere kraftigt på, hvilke systemløsninger, der er mest bæredygtige. Samtidigt må man erkende, at forudsætningerne for og kravene til løsningerne skifter med tiden. Det er derfor vigtigt, at løsningerne er robuste og fleksible, samtidig med, at de ikke udgør et sundheds- eller miljømæssigt problem. De kortsigtede muligheder må vurderes i forhold til langsigtede perspektiver.

Sammenfattende kan man konkludere, at der er behov for at samordne de tankesæt, der er styrende ved vurdering af spildevandsløsninger. Der er behov for værktøjer til at skabe overblik over de teknologiske muligheder, skabe gennemsikuelighed mht. målsætninger og værdisæt hos de involverede aktører samt til at vurdere forskellige løsningsforslag mod hinanden for at støtte og kvalificere beslutninger.

## 1.2 Formål og målgruppe

Planlægning af et konkret spildevandssystem indebærer løsning af en række forskellige opgaver, der trin for trin fører til en beslutning. Der skal tilvejebringes et beslutningsgrundlag, opstilles forskellige løsningsforslag og foretages en vurdering af de mulige løsninger, der kan opfylde målet for planlægningen. Disse opgaver løses i større eller mindre omfang ved etablering af alle spildevandssystemer i dag, om end det i konkrete situationer kan være svært at gennemskue, hvorfor et system blev foretrukket frem for et andet.

Det *primære* formål med dette projekt har været at udvikle en arbejdsmetode, der kan støtte beslutninger om hvilken løsning til spildevandshåndtering, der er *bedst* under givne betingelser på et konkret sted. Metoden skal støtte:

- Udarbejdelse af et stedspecifikt beslutningsgrundlag
- Opstilling af løsningsforslag
- Sammenligning og vurdering af mulige løsninger med udgangspunkt i konkrete stedspecifikke betingelser og forventninger til systemet.

Projektets *sekundære* formål er at sammenfatte og inddrage resultater fra andre projekter under Aktionsplanens tema 1.

Det er hensigten, at den udviklede arbejdsmetode skal skabe større gennemskuelighed i beslutningsprocessen og dermed bidrage til en bedre planlægning af mere bæredygtige spildevandssystemer i bebyggelser uden centrale kloaksystemer i traditionel forstand (kloakløse bebyggelser). Der tænkes her bl.a. på enkeltstående landejendomme, sommerhus- og kolonihavebebyggelser samt landsbyer og moderne 'økobyer', der er planlagt specifikt med henblik på at benytte alternative former for spildevandshåndtering. Perspektivet er at skabe større gennemskuelighed samt bedre overensstemmelse mellem forskellige aktørers opfattelse af, hvad bæredygtig spildevandshåndtering er.

Projektets resultater tænkes anvendt i forbindelse med konkrete sager af rådgivere, bygherrer, grønne organisationer, kommuner og amter.

## 1.3 Projektets indhold og slutprodukter

Projekts resultat er et gennemarbejdet koncept for sammenhængende planlægning og vurdering af spildevandsløsninger i kloakløse bebyggelser. Konceptet har karakter af et beslutningsstøttesystem, som indeholder en række vejledninger og værktøjer, der kan anvendes efter behov. Centrale elementer er:

- *Stedsanalysen*, der gennemføres for at sikre, at der i planlægningen tages hensyn til lokale forhold, der kan have afgørende betydning for løsningens bæredygtighed.
- *Dialogværkstedet*, der kan benyttes for at skabe dialog mellem forskellige aktører og skabe klarhed over deres præferencegrundlag.
- *Det teknologiske informationsværktøj*, der kan skabe overblik over de teknologiske muligheder.
- *Vurderingerne*, der kan benyttes til *sammenligning* af forskellige tekniske løsningsmuligheder på et helhedsorienteret grundlag.

Som et led i projektet er der udarbejdet en række "slutprodukter", som belyser de centrale elementer nævnt ovenfor og i øvrigt dokumenterer det gennemførte arbejde. Der indgår også et væsentligt empirisk element i projektet, idet de udviklede metoder og koncepter er udviklet og afprøvet i forbindelse med en række casestudier, der er afrapporteret selvstændigt.

De ovennævnte "slutprodukter" samt rapporter over casestudierne stilles til rådighed gennem Internettet, se Figur 1.1. Denne formidlingsform er valgt for at sikre, at hele målgruppen i praksis kan få adgang til og anvende projektets resultater på en nem måde. Brug af web-mediet lægger som formidlingsform op til et nyt paradigme for formidling af information, der skal nå en bred målgruppe, og hvor man må forvente et stort behov for løbende at opdatere informationen, specielt mht. beskrivelserne af de tekniske løsninger.



Figur 1.1. Indgangsbillede til projektets web-site ([www.er.dtu.dk/projects/kloaklose](http://www.er.dtu.dk/projects/kloaklose)), hvor igennem slutprodukter og caserapporter stilles til rådighed.

#### 1.4 Rapportens indhold

Rapporten er tænkt som en indføring i den valgte arbejdsmetode og de slutprodukter og caserapporter, der stilles til rådighed som resultat af projektet. Desuden indeholder rapporten en oversigt over det gennemførte arbejde og en diskussion af mulighederne for videre udvikling i forlængelse af projektet.

*Kapitel 2* redegør kortfattet for en række definitioner af begrebet bæredygtig udvikling og forklarer, hvordan metoder til vurdering af bæredygtighed tager sig forskelligt ud afhængigt af problemstillingen og det holdningsmæssige værdigrundlag, der ligger til grund for vurderingen.

*Kapitel 3* giver en introduktion til projektets arbejdsmetode, der bygger på sammenhængende planlægning og vurdering af spildevandssystemer med hovedvægt på de fire elementer nævnt i afsnit 1.3, hhv. *i) stedsanalyse* for at afklare de lokale forhold, *ii) dialogværksted* for at sikre inddragelse af forskellige aktører og skabe klarhed over præferencegrundlaget, *iii) information*

om de teknologiske muligheder for lokal håndtering af spildevand, og iv) *vurderinger* for at sammenligne forskellige løsninger på et helhedsorienteret grundlag.

Kapitel 4 gennemgår i hovedtræk projektets empiriske arbejde koncentreret om fem udvalgte cases, hvor projektets arbejdsmetode er udviklet og afprøvet.

Kapitel 5 giver en oversigt over indholdet af det web-site med caserapporter og værktøjer til praktisk brug, som er gengivet på Figur 1.1. Yderligere information om de enkelte værktøjer kan findes ved at klikke ind på web-sitet.

Kapitel 6 opsummerer kortfattet casearbejdet og diskuterer projektets resultater i relation til andre aktiviteter under Aktionsplanens tema 1, og nævner de barrierer for lokale spildevandsløsninger, der er identificeret gennem projektet. Endelig diskuteres anvendelse af vurderingsmetoder og perspektiverne for udviklingsaktiviteter i forlængelse af projektet.

Rapporten slutes af med en konklusion (kapitel 7), en litteraturliste (kapitel 8) og en oversigt over de publikationer med udgangspunkt i projektet, der er udarbejdet i løbet af projektperioden (bilag A).

## 2 Bæredygtighed af spildevandsprojekter

### 2.1 Hvad betyder *bæredygtig udvikling*?

*Bæredygtig udvikling* kom for alvor på den politiske dagsorden, da FN's verdenskommission om miljø og bæredygtighed (Brundtland kommissionen) i 1987 præsenterede rapporten "Vores fælles fremtid" (WCED, 1987). I den såkaldte "Brundtland-rapport" defineres begrebet som:

*"en udvikling som opfylder de nuværende behov uden at bringe fremtidige generationers muligheder for at opfylde deres behov i fare .... (.....).... I sidste ende er bæredygtig udvikling dog ikke en endegyldig tilstand af harmoni, men snarere en ændringsproces, hvor udnyttelsen af ressourcerne, styringen af investeringerne, retningen for den teknologiske udvikling og institutionelle ændringer kommer i overensstemmelse med fremtidige såvel som nutidige behov".*

Ud fra Brundtland rapportens definition fortolkes henvisningen til "nuværende behov" ofte som et krav til lighed mellem befolkningsgrupper og verdensdele indenfor en generation, dvs. det er fordelingen af ressourcer (og rigdom), der er i fokus. Omvendt tolkes hensynet til fremtidige generationers behov ofte som et krav om at erstatte nuværende levemønstre og produktionsformer med nye, som er mindre ressourcekrævende og miljøbelastende. Populært sagt drejer det sig altså om at erstatte ikke-fornyelige ressourcer med viden, som kan bruges til at identificere nye fornyelige ressourcer. Endelig fremhæves ofte, at bæredygtig udvikling skal ses som en proces, dvs. det handler om at igangsætte en udvikling "i den rigtige retning" - uden at retningen dog er særlig klart defineret.

Procesperspektivet er senere fremhævet i Rio-deklarationen (Keating, 1993), som bl.a. fremhæver at miljøspørgsmål skal integreres i udviklingsprocesser og bedst håndteres gennem deltagelse af alle berørte borgere på det relevante niveau. Der lægges altså op til borgerinddragelse i langt større grad end tidligere, hvor eksperter (videnskabsfolk, administratorer og rådgivere) sædvanligvis har udstukket retningslinierne for udvikling uden at anerkende, at der lokalt kan være holdninger og ønsker, som undertiden kan være i modstrid med centralt udstukne politikker. Det er værd at bemærke, at Rio-deklarationen rummer flere aspekter af bæredygtighed end miljømæssig bæredygtighed.

*Lokal Agenda 21* arbejdet i Danmark (Miljø- og Energiministeriet et al., 1995) har f.eks. lagt vægt på en bredere bæredygtighedsopfattelse end antydnet ovenfor og forsøgt at inddrage økonomisk og social bæredygtighed ved at sætte fokus på lokal borgerinddragelse på amts- og kommuneniveauet. Kampagnen har især peget på fem "pejlemærker", nemlig *i*) helhedssyn og tværsektoriel tænkning, *ii*) aktiv borgerinddragelse, *iii*) kredsløbstankegang, *iv*) inddragelse af globale hensyn og *v*) styrkelse af langsigtede perspektiver (Møller, 2000). I forlængelse heraf, og i overensstemmelse med tankerne i Århus-



konventionen (Miljø- og Energiministeriet, 1998), der fokuserer på borgernes rettigheder til at få adgang til miljøoplysninger og til at deltage i beslutninger miljøområdet, er Agenda 21 nu blevet skrevet ind i planloven (Miljø- og Energiministeriet, 2000), så amtsråd og kommunalbestyrelser nu skal udarbejde strategier for bl.a. at inddrage befolkningen i Agenda 21 arbejdet.

Det fremhæves ofte, at bæredygtig udvikling indeholder en miljømæssig, en økonomisk og en social dimension, og at bæredygtig udvikling indebærer en integration af disse dimensioner. Tankerne fra Brundtland rapporten og Rio deklARATIONEN blev af den forrige regering indarbejdet i et udkast til en dansk strategi for bæredygtig udvikling (Regeringen, 2001a). Udkastet tog udgangspunkt i ønsket om en *miljømæssig* bæredygtig udvikling, dvs. at økonomisk vækst og social udvikling skal ske under hensyntagen til fastsatte miljømål. I forlængelse heraf blev der udarbejdet et "debatoplæg om et indikatorsæt til Danmarks strategi for bæredygtig udvikling" (Regeringen, 2001b). Hensigten hermed var på baggrund af en offentlig debat at etablere et indikatorsæt for (miljømæssig) bæredygtig udvikling, som Danmark fremover kan benytte til at rapportere om gennemførelsen af strategiens mål og indsats. Der blev lagt op til at etablere to sæt af indikatorer fra nationalt hold, hhv. på et overordnet niveau der kan beskrive udvikling og resultater i forhold til overordnede mål om bæredygtig udvikling og på et detaljeret, specifikt niveau, hvor indikatorerne vil variere afhængigt af indsatsområdets karakter og i øvrigt vil blive opdateret løbende. Grundtanken var at opstille omkring 20 konkrete, kvantificerbare indikatorer, der kan indbygges i miljøregulering og miljøforvaltning, og som hænger sammen med de opstillede nationale miljømål.

Efter regeringsskiftet i efteråret 2001 er der udarbejdet et nyt udkast til national strategi for bæredygtig udvikling og et nyt sæt indikatorer (Regeringen, 2002a/b). Umiddelbart er der meget store fællestræk, men der er også forskelle. F.eks. er en indikator i det første udkast, der gik ud på at fastholde de grønne afgifter (det grønne skattetryk i forhold til BNP), gledet ud og erstattet med en indikator, der ikke var konkretiseret i det første udkast, og som går ud på at sikre et solidt videngrundlag for at træffe de rigtige beslutninger og prioritere indsatser (offentlige og private forskningsmidler). Forskellen illustrerer, at der er sket et politisk skift, men det er væsentligt at holde fast i, at der *ikke findes en universel tolkning af begrebet bæredygtig udvikling*. Det er tydeligt, at definitionerne afhænger af det værdigrundlag, som enkeltpersoner, organisationer og politiske grupperinger har, og vurdering af bæredygtighed på et professionelt plan kan derfor populært sammenlignes med "bueskydning efter bevægeligt mål". Dette understreger dog blot udfordringen i at arbejde med vurdering af bæredygtighed på et forskningsmæssigt grundlag, så man bliver i stand til at skelne klart mellem fakta og holdninger.

Det kan umiddelbart synes, at udkastet til den nationale strategi for (miljømæssig) bæredygtig udvikling og Lokal Agenda 21 arbejdet er modsat rettede strategier (hhv. "top down" vs. "bottom up" eller "regulering" vs. "frivillighed"). De kan imidlertid også ses som supplerende initiativer. En række amter og kommuner er f.eks. i øjeblikket i gang med at opstille indikatorer for bæredygtig udvikling i forbindelse med Lokal Agenda 21 arbejdet, og det er tanken, at det nationale sæt af indikatorer vil kunne bruges som inspiration for det regionale og lokale arbejde. Som et yderligere eksempel kan nævnes, at Agenda 21 arbejdet i nogle kommuner for nylig har ført til, at man har integreret bæredygtighedsindikatorer i kommunens grønne regnskab. I en enkelt kommune har man endda udviklet et IT-system, der gør det muligt at

inddrage kommunens forvaltninger og institutioner ved valg af indikatorer og opdatering af information i det grønne regnskab, hvorved man forventer en højere grad af ansvarliggørelse (Mikkelsen og Christensen, 2000).

## 2.2 Metoder til vurdering af bæredygtig udvikling

Et af de bedste eksempler på vurderingsmetoder, der støtter op om strategier for en miljømæssig bæredygtig udvikling, er produktbaserede livscyklusvurderinger (LCA), hvor der både findes en international standard (ISO, 1997) og den danske udviklede UMIP-metode til udvikling af miljøvenlige industriprodukter (Wenzel et al. 1996). Som grundlag for LCA defineres en "funktionel enhed", dvs. en funktion som kan opfyldes af et eller flere alternative produkter. Et eksempel på en funktionel enhed kan være "vask af 5 kg tøj pr. uge i et år". Det er altså ikke vaskemaskiner der studeres og sammenlignes men den ydelse, de leverer - f.eks. vask to gange om ugen med en normal husholdnings vaskemaskine, vask én gang om ugen med en industrivaske-maskine på et fællesvaskeri med delvis recirkulering af vaskevandet eller løbende "klatvask" i hånden. Målet er, at der skal udvikles, laves og bruges mindre miljøbelastende produkter og teknologier, og der laves derfor en samlet opgørelse over miljøbelastningen i forbindelse med hele produktets livscyklus, fra udvinding af råvarer over produktion, distribution, anvendelse, genanvendelse, recirkulering og deponering (fra vugge til grav).

I den internationale standard for LCA (ISO, 1997) inddeles LCA i fire faser, hhv. *i*) definition af mål og rammer, herunder den funktionelle enhed og hvor stor en del af produktsystemet der medtages i vurderingen, *ii*) inventeringsanalyse hvor de betydende strømme af naturressourcer og forureningsstoffer kortlægges, *iii*) beskrivelse af miljøpåvirkningen, hvilket bl.a. omfatter allokering (fordeling) af miljøpåvirkninger mellem forskellige produkter og aggregering af information, så miljøpåvirkningen kan udtrykkes i effektkategorier svarende til opstillede miljømål, samt *iv*) fortolkning af resultater, hvilket undertiden omfatter normalisering af miljøpåvirkninger i forhold til samfundets øvrige miljøpåvirkning eller afvejning af forskellige miljøpåvirkninger mod hinanden (multikriterievurdering).

Det er vigtigt at pointere, at selvom LCA forsøger at opgøre miljøpåvirkningen kvantitativt, så er metoden baseret på en række antagelser og vurderinger, som i noget omfang kan påvirke konklusionerne. Et andet problem er den store datamængde, der kræves for at gennemføre realistiske livscyklusvurderinger. I UMIP-metoden og det tilhørende edb-værktøj beregnes den samlede miljøpåvirkning i 8 effektkategorier, men vægtningen af disse i forhold til hinanden er til syvende og sidst politisk. Til grund for beregningen af miljøpåvirkningen ligger opgørelse af strømme for flere hundrede materialetyper og enkeltstoffer. Det er altså kompliceret at gennemføre livscyklusvurderinger, og de er derfor mest anvendt i forbindelse med større virksomheders produktudvikling eller ved generelle sammenligninger af forskellige produkter eller produktionsformer.

Udover LCA findes adskillige andre metoder (eller procedurer) til *miljøsystemanalyse*, der alle er baseret på en kvantitativ tilgang baseret på masse- og energibalancer. I flæng kan nævnes f.eks. *materialestrømsanalyser*, *input-output analyser*, *økologisk fodaftryk*, *risikovurdering af kemikalier*, og modeller for *integreret miljøvurdering*, se f.eks. Moberg et al. (1999) samt Harremoës og Turner (2001) for oversigt og diskussioner af dette komplekse emne. Umiddelbart forekommer det vanskeligt at forestille sig metoder som LCA anvendt som grundlag for miljøvurdering af lokale bæredygtighedsinitiativer.

Det skyldes dels, som antyd det ovenfor, at LCA er en kompliceret og derfor omkostningskrævende metode at anvende, som desuden på et praktisk niveau næppe vil forekomme gennemskuelig for lokale borgere. Der er derfor tradition for en anden angrebsvinkel, når fokus er på det lokale niveau.

*Økologisk byfornyelse* eller *byøkologi* dækker over flere forskellige tilgange til bæredygtig udvikling. Undertiden opfattes begreberne som synonym for lokale "alternative" tekniske løsninger i forbindelse med etablering og renovering af byggeri, f.eks. energibesparende vinduer, maling uden miljøfarlige stoffer, kildesortering af affald eller brug af regnvand til toiletskyl. *Økologisk spildevandsrensning* er indenfor de seneste år ofte blevet brugt som synonym for alternative systemer, hvor spildevandet sorteres ved kilden (f.eks. i tre fraktioner, hhv. fæces, urin og resterende gråt spildevand) og eventuelt renses ved hjælp af plantebaserede systemer eller genanvendes.

Iflg. Elle (1995) er udgangspunktet for byøkologi en helhedsorienteret tankegang, hvor der tages udgangspunkt i det lokale sted, dels for at sikre maksimal inddragelse af beboerne i planlægning og prioritering af projektoptioner men også for at bringe beslutningerne ned på et niveau, hvor helheden kan overskues. På denne måde falder byøkologi meget godt i tråd med principperne for Lokal Agenda 21. Det er væsentligt at bemærke, at byøkologien i den moderne tolkning ikke udelukker, at centrale løsninger kan være det bedste et givet sted (Jensen et al, 1998). Det er også værd at bemærke, at man ikke kan sige, at en given teknologi altid er byøkologisk: teknologien kan kun vurderes ud fra det konkrete sted. En byøkologisk tankegang kræver i sidste ende et stort overblik over de tekniske løsningsmuligheder.

Borgerinddragelsen har sine rødder i den traditionelle byplanlægning, hvor forskellige former for borgerinddragelse i planlægningen har været et væsentligt emne for den faglige diskussion (Gaardmand, 1993). I den traditionelle byplanlægning inddrages borgerne i beslutningsprocessen, men i forbindelse med byøkologi forventes borgerne også at være aktive i forhold til udførelsen af konkrete opgaver. Det er en grundlæggende antagelse, at det er nemmere at inddrage borgere aktivt i løsningen af en opgave, hvis de selv har været med til at beslutte den pågældende løsning. Borgerinddragelsen har derfor ud over den demokratiske dimension også det praktiske formål at sikre, at den enkelte borger handler ansvarligt.

Der arbejdes meget med udvikling af værkstedsformer og andre metoder til borgerinddragelse, en omfattende samling af metoder findes i (Hoffmann & Kofoed, 1999). En pendant til værkstedsformer benyttet indenfor byøkologi i det internationale udviklingsarbejde er i øvrigt "The Logical Framework Approach (LFA)", der er en planlægningsmetode kendetegnet ved at være objektorienteret, målgruppeorienteret, procesorienteret og som involverer forskellige aktører i beslutningsprocesser (DANIDA, 1996). LFA er en arbejdsmetode på linie med dialogværksteder (Hoffmann et al., 2000), fremtidsværksteder m.v. som sigter mod at kvalificere deltagerne til at overskue konkrete problemstillinger og konkrete projekter.

Kritikere af vurderingsmetoder, der fokuserer på miljømæssig bæredygtig udvikling, hævder at det er en for ensidig (og økonomisk dyr) tankegang, der ikke i fornøden grad inddrager økonomi, teknologi, brugeraspekter etc., og som desuden kan være for kompliceret og ressourcekrævende at anvende i praksis. Omvendt hævder kritikere af en byøkologisk angrebsvinkel, at

borgerinddragelsen får så stor vægt i sig selv, at den miljømæssige fokus risikerer helt at glide ud på bekostning af andre prioriteter. Endelig er der projekter, der kalder sig byøkologiske, men som fokuserer ensidigt på at demonstrere en teknisk løsning. Paradoksalt nok findes der mange projekter af denne type, der ikke tager udgangspunkt i det konkrete sted (Jensen et al., 1998).

### 2.3 Metoder til vurdering af spildevandssystemers bæredygtighed

Det fremgår af de forgående afsnit, at der ikke eksisterer en universel definition af bæredygtig udvikling som kan anvendes operationelt, samt at der arbejdes på metoder til at igangsætte en bæredygtig udvikling fra flere sider på forskellig måde. Livscyklusvurderinger og andre værktøjer til miljøsystemanalyse fokuserer på miljødimensionen af bæredygtig udvikling, mens byøkologi lægger vægt på en bredere og mere helhedsorienteret tilgang men til gengæld ikke går så detaljeret til værks med hensyn til den miljømæssige dimension. Endelig kan det nævnes, at multikriterievurdering ofte anvendes uafhængigt af den grundlæggende miljøvurdering ved analyse af komplekse problemstillinger.

Det er interessant at se på, hvordan planlægning og vurdering af spildevandssystemer har været gennemført gennem tiden. Byernes nuværende spildevandssystemer med centrale kloakker, der transporterer spildevand og regnvand ud af byerne, har siden de første systemer blev etableret i midten af 1800-tallet haft som et væsentligt formål at forhindre, at mennesker kommer i kontakt med patogene mikroorganismer i spildevandet og derved bliver syge. Krav til rensning af spildevand er først kommet til fra midten af 1950'erne, hvor vandforurening for alvor kom i fokus, og i forbindelse hermed er der senere fra 1970'erne kommet krav til kvaliteten af det spildevandsslam, der bringes ud på landbrugsarealer.

I dag er det fortsat sikring af høj sundhedstilstand og bekæmpelse af vandforurening samt i mindre grad recirkulering af spildevandsslam, der er hovedkriterierne ved planlægning og vurdering af spildevandssystemer. Senest er der via EU's Vandrammedirektiv (CEC, 2000) sat endnu mere fokus på at bekæmpe vandforurening gennem integreret vandplanlægning på hydrologisk oplands-skala. Reguleringsmekanismerne er baseret på centralt fastsatte krav til maksimalkoncentrationer af udvalgte stoffer (typisk organisk stof, kvælstof og fosfor) i udledninger eller i vandmiljøet samt på typegodkendelser af specifikke teknologier til vandrensning (begrebet *bedste tilgængelige teknologi*). Fordi de fleste rensforanstaltninger i dag er centrale, og fordi privatpersoner ikke har kontakt med spildevandet i dagligdagen, glemmes det sundhedsmæssige aspekt ofte i debatten. Det er imidlertid væsentligt at pointere, at det er kloaksystemerne, der hidtil har sikret en høj sundhedsmæssig standard i forbindelse med spildevandshåndtering, og at de sundhedsmæssige aspekter altid bør have høj prioritet hos de ansvarlige myndigheder.

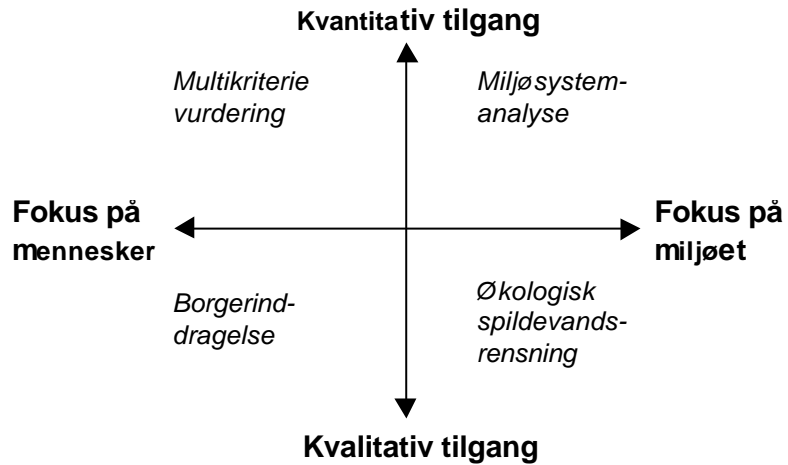
Op gennem 1990'erne er situationen blevet ændret på nogle punkter. For det første er der kommet fokus på *miljøfremmede problemstoffer* i spildevand (og regnvand) og på potentielle problemer for menneskelig sundhed samt kvaliteten af spildevandsslam, overfladevand og grundvand (ved infiltration og utætte kloakker). For det andet er der kommet fokus på *genanvendelse af næringsstoffer* i spildevand. Ved de konventionelle systemer baseret på central rensning er der et stort tab af næringsstoffer, og desuden blandes næringsstofferne sammen med miljøfremmede problemstoffer med forringelse af slamkvaliteten til følge. Derfor ser mange separat håndtering af de forskellige

spildevandsfraktioner (fæces, urin, gråt husholdningsspildevand, industri-spildevand, regnvand fra tage, regnvand fra andre befæste overflader etc.) som en mulig løsning. For det tredje er det folkelige pres med hensyn til at etablere *lokale håndteringssystemer* voksende. Undertiden ligger der miljø-mæssige overvejelser bag dette pres, med fokus på recirkulering af næringsstoffer, men andre gange er det mere de sociale forhold og et ønske om lokal udvikling der ligger bag. Uanset baggrunden er det et faktum, at embedslægerne gennem det seneste tiår i stigende grad har været nødt til at forholde sig til nye former for spildevandshåndtering, hvor der i højere grad end tidligere er risiko for, at mennesker kommer i kontakt med patogene mikroorganismer (Vagn-Hansen, 2001). Der er derfor behov for nye metoder til at gennemføre begrænsede risikovurderinger af de sundhedsmæssige aspekter af "kloakløse" systemer til spildevandshåndtering.

De konventionelle metoder til planlægning og vurdering af spildevands-systemer er helt klart ikke egnede til at håndtere disse nye problemstillinger. Der forskes for tiden intensivt i *miljøsystemanalyse* med henblik på at afklare den miljømæssige bæredygtighed af alternative håndteringsprincipper, bl.a. i Sverige, men analyserne er komplicerede og konklusionerne er p.t. ikke klare. Som et eksempel har Lundin et al. (2000) ved sammenligning af scenarier for spildevandshåndtering baseret på central rensning og urinsortering påvist, at fastlæggelse af systemgrænserne har afgørende indflydelse på konklusionen - specielt er det nødvendigt at inddrage miljøeffekterne i forbindelse med produktionen af gødning. Denne type problem med systemafgrænsning er velkendt for LCA-studier. Andre forskere med en tilsvarende systemorienteret tilgang forsøger også at inddrage andre indikatorer eller kriterier for bæredygtighed, f.eks. funktionelle kriterier, økonomiske kriterier og socio-kulturelle kriterier (f.eks. Balkema et al., 2001), og det kan nævnes, at indikatorer og kriterier for bæredygtighed af spildevandssystemer samt metoder til mikrobiel risikovurdering p.t. er under udvikling i et større svensk forskningsprogram (Urban Water, 2001).

Rijsberman og van de Ven (2000) sammenligner i en oversigtsartikel en række forskellige tilgange til vurdering og design af bæredygtige urbane vandsystemer (vandforsyning samt spildevands- og regnvandshåndtering). De fremhæver specielt relationen mellem hhv. (a) mennesker og miljø samt mellem (b) en kvantitativ (normativ) og en kvalitativ (værdibaseret) tilgang og afbilder disse to relationer i et koordinatsystem som vist på Figur 2.1. I miljø-tilgangen til bæredygtig udvikling tillægges miljøet værdi i sig selv og sætter rammer for menneskets muligheder for udfoldelse, mens miljøet i menneske-tilgangen er underlagt menneskets behov og ønsker. I den normative tilgang forsøges det at målrette udvikling i forhold til kvantificerbare indikatorer, mens den værdibaserede tilgang typisk tager sit udgangspunkt i, at ikke alle aspekter af bæredygtighed kan kvantificeres. Et typisk udsagn med rod i en værdibaseret tilgang er at "den *gode* løsning er den *bedre* løsnings værste fjende". Det satses kort sagt på at skabe forhold, der stimulerer en positiv udvikling, frem for at opfylde fastsatte krav.

Lidt kategoriserende er nogle af de principper og vurderingsmetoder, som er diskuteret tidligere i dette kapitel, forsøgt indplaceret på Figur 2.1. *Miljøsystemanalyse* sigter mod at kvantificere miljøpåvirkninger og ligger derfor i første kvadrant (øverst til højre). *Multikriterievurdering*, hvor en lang række kriterier sammenlignes og vægtes i forhold til hinanden på baggrund af holdningsmæssige afvejsninger, ligger i fjerde kvadrant (øverst til venstre) sammen med f.eks. cost-benefit analyser.



Figur 2.1. Fire forskellige tilgange til bæredygtig udvikling (og vurdering heraf), relateret til relationen mellem mennesker og miljø samt relationen mellem en kvantitativ og en kvalitativ tilgang (frit fortolket efter Rijsberman og van de Ven, 2000).

Borgerinddragelse (og dermed dele af den danske Agenda 21 indsats) har fokus på mennesker og værdier og ligger derfor i tredje kvadrant (nederst til venstre), mens *økologisk spildevandsrensning* en anelse provokerende er placeret i andet kvadrant (nederst til højre), fordi alternative "økologiske" håndteringssystemer undertiden ses som "født" miljørigtige uden at dette dog dokumenteres.

Rijsbermann og van de Ven (2000) nævner afslutningsvis, at de fleste vurderingsværktøjer indeholder elementer fra flere kvadranter i Figur 2.1, og at der ofte skiftes mellem kvadranterne i forskellige projektfaser. De første trin af LCA med opgørelse af miljøbelastning i forskellige kategorier ligger f.eks. i første kvadrant, mens det sidste trin med vurdering af forskellige miljøpåvirkninger ligger i fjerde kvadrant.

Sammenfattende kan man konkludere, at der foregår mange aktiviteter i øjeblikket med henblik på at udvikle indikatorer og kriterier for bæredygtighed af spildevandssystemer samt metoder til vurdering af disse, men at der er lang vej igen, før man har generelt brugbare værktøjer, som kan bruges i praksis både centralt og på det lokale plan. Det har derfor været nødvendigt som et led i projektet at udarbejde en selvstændig metode til sammenhængende planlægning og vurdering, som er helhedsorienteret og samtidig gennemskuelig nok til at kunne anvendes på det lokale plan, hvilket er dette projekts udgangspunkt. Arbejdsmetoden introduceres i næste kapitel.



## 3 Arbejdsmetoden

### 3.1 Planlægning og vurdering - sideløbende processer

Planlægning af et konkret spildevandssystem indebærer løsning af en række forskellige opgaver, der trin for trin fører til en beslutning. Der skal tilvejebringes et beslutningsgrundlag, opstilles forskellige løsningsforslag og foretages en vurdering af de mulige løsninger, der kan opfylde målet for planlægningen. Disse opgaver løses i større eller mindre omfang ved planlægning af alle spildevandssystemer, om end det i konkrete situationer kan være svært at gennemskue, hvorfor ét system blev foretrukket frem for et andet.

I projektets første del blev der opstillet en model for faserne i planlægning af et konkret system til håndtering af spildevand. Følgende faser er med til at beskrive projektgruppens forståelse af planlægningsprocessen:

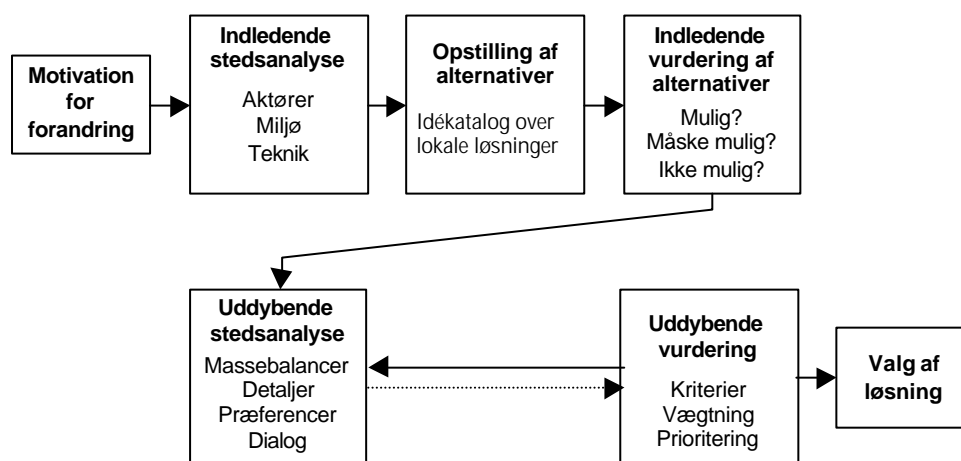
1. Motivation for nyt spildevandssystem
- 2. Afklaring af aktører og opstilling af vurderingskriterier**
- 3. Stedsanalyse**
- 4. Opstilling af systemalternativer**
- 5. Vurdering og prioritering**
6. Valg af løsning
7. Projektering og realisering
8. Organisering af brug og drift
9. Evaluering og opfølgning

Projektets indsats har primært været koncentreret mod den del af forløbet, der er fremhævet med fed skrift ovenfor. Det vil sige, at det i en konkret situation på forhånd ligger klart, at der er et problem, som der skal tages hånd om (fase 1), og at det endelige valg af løsning og den efterfølgende realisering og opsamling (fase 6-9) ikke indgår i projektet med større vægt. Arbejdet har fokuseret på fase 2-5, dvs. det har været et central element at inddrage aktører med henblik på at opstille vurderingskriterier og at opstille og vurdere løsninger i forhold til de stedbundne betingelser for at skabe det bedst mulige grundlag for et optimalt valg af en bæredygtig løsning i den givne planlægningssituation.

Af hensyn til overblikket er planlægningsprocessen ovenfor fremstillet som et rationelt lineært forløb, hvilket dog ikke svarer til de fleste praktiske forløb. I virkeligheden vil man ofte springe mellem de enkelte faser, og det kan endvidere være vanskeligt at adskille faserne i virkelige forløb. Specielt vil der ofte indgå vurderinger på flere niveauer i forskellige trin i processen.

Figur 3.1 viser, hvordan faserne har forløbet i flere af de cases, der er arbejdet med i projektet. Udgangspunktet er, at der eksisterer en motivation for forandring. Det kan f.eks. være en kommune, der har besluttet at igangsætte foranstaltninger med henblik på at rense spildevandet i det åbne land, eller borgere, der selv tager initiativ til handling.





Figur 3.1. Processen (fase 2-5) med vekslende planlægning og vurdering, som den er forløbet i flere cases, der er arbejdet med i projektet.

Først laves en indledende stedsanalyse, der groft fastlægger, hvem de relevante aktører er, samt de miljømæssige forudsætninger og betydningen heraf for tekniske løsninger. Et første bud på vurderingskriterier vil ofte blive udformet allerede hér, for på så tidligt som muligt at komme i dialog med aktørerne om deres præferencer. Derefter opstilles en række alternative løsningsforslag, der afspejler forskellige håndteringsprincipper (central/decentral, kompost, kildesortering, m.fl.). Resultaterne fra den indledende stedsanalyse anvendes nu til en indledende vurdering af de skitserede løsningsforslag. Idéen er, at de involverede aktører skal vurdere de enkelte løsningsforslag i forhold til, hvor egnede løsningerne er på det konkrete sted. Løsningerne kan på et indledende plan vurderes mht. om de er mulige, måske mulige eller ikke mulige. Formålet med denne indledende vurdering er blandt andet at prioritere den efterfølgende indsats.

Efter denne første runde laves uddybende stedsanalyse. Denne rummer såvel en kvantitativ miljømæssig analyse som en kvalitativ aktøranalyse. Opstilling af massebalancer med henblik på at afklare, om en given løsning renses tilstrækkeligt godt eller lever op til et målsat recirkuleringspotentiale hører til den kvantitative analyse. Afklaring af brugernes præferencer hører til den kvalitative analyse og kan medvirke til at opstille kriterier for den efterfølgende vurdering. En sådan afklaring foregår ved at gennemføre en aktøranalyse, hvortil der anvendes dialogværksteder, som åbner op for en konstruktiv dialog og samarbejde mellem de lokale aktører (teknikere, brugere og politikere). Dette samarbejde er afgørende for valg, implementering og drift af lokale spildevandsløsninger.

Ved den afsluttende vurdering bliver de mulige løsninger evalueret i forhold til de kriterier, der er opstillet som retningsgivende for vurderingen. Det er vigtigt, at kriterierne giver en fyldestgørende beskrivelse af de forskellige løsningsforslag, som skal vurderes, samt at de i tilstrækkelig grad afspejler de involverede aktørers præferencer. Bl.a. af denne grund kan det være hensigtsmæssigt at veksle mellem uddybende stedsanalyse og vurdering, som antydnet på Figur 3.1.

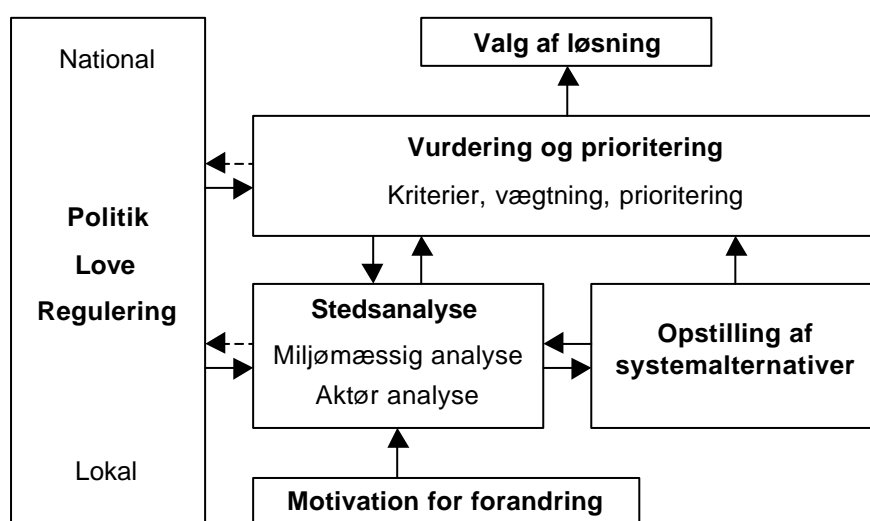
Det er projektets ambition at tilvejebringe et godt grundlag for valg af løsning for konkrete problemstillinger, og der er derfor udarbejdet en række værktøjer, som kan anvendes lokalt afhængigt af problemstillingen. Det drejer sig om:

- En vejledning i at gennemføre en stedsanalyse, se også afsnit 5.2.
- En rapport, der giver råd og vejledning til gennemførelse af dialogværksteder, jfr. afsnit 5.3.
- Et teknologisk informationsværktøj (TEKINFO), der giver information på den tekniske plan om de forskellige løsningsmuligheder, se afsnit 5.4.

Til syvende og sidst vil det endelige valg af løsning (fase 6) være en politisk beslutning, og der kan i princippet indgå andre hensyn end det beslutningsgrundlag, som foreligger efter den forgående vurdering og prioritering. Det understreges dog, at det endelige valg ikke er omfattet af de redskaber, der er udviklet som led i dette projekt.

### 3.2 Sammenhæng med politik og regulering

Figur 3.2 viser samspillet mellem den anvendte arbejds metode og det omgivende samfunds politiske valg samt dets love og regulering. Miljø- og sundhedsområdet er typisk kraftigt reguleret, og den nationale, den amtslige og den kommunale regulering har derfor betydning for, hvilke løsninger der umiddelbart kan godkendes. Af denne grund indgår regulering som noget, der primært skaber rammerne for arbejds metoden, selvom det dog forventes, at arbejdet med systematisk stedsanalyse, opstilling af systemalternativer og vurdering på sigt vil kunne påvirke lovgivning og regulering i retning af at tillade løsninger, som på baggrund af en helhedsvurdering viser sig at være fornuftige og eventuelt mere bæredygtige end traditionelle løsninger, som er tilladte på nuværende tidspunkt.



Figur 3.2. Principskitse over samspillet mellem arbejds metoden og samfundets politik, love og regler.

### 3.3 Kriterier for vurdering

Det har været et mål for projektet, at de anvendte vurderingsprincipper foruden at indgå i konkrete vurderinger af bæredygtighed også skal bidrage til at skabe gennemsikuelighed i grundlaget for beslutninger. Der har derfor fra starten været lagt vægt på at anvende principper, der er så simple, at de fleste brugere umiddelbart vil kunne forstå dem.

Udgangspunktet har været at gennemføre multikriterievurderinger, dvs. at anvende en kvantitativ tilgang med fokus på menneskers behov. Specielt i den første del af projektet blev der fokuseret på i dialog med personer med interesse for spildevandshåndtering i kloakløse bebyggelser at definere kriterier for bæredygtighed, som vil kunne anvendes i konkrete vurderinger. Der blev både skabt kontakt til private såvel som til folk fra foreninger, kommunale forvaltninger og firmaer. Det kom der lange lister af kriterier ud af, som ikke var umiddelbart anvendelige på grund af overlap mellem kriterier samt aspekter, der slet ikke var dækket ind, men også fordi der er en grænse for, hvor mange forskellige forhold, menneskets hjerne kan overskue på én gang (Yoon og Hwang, 1995). Antallet af kriterier, som skal indgå i en multikriterievurdering baseres derfor på to aspekter; dels et tilstrækkeligt højt antal til at opnå en fornuftig struktur og dækning af helheden, og dels et tilstrækkeligt lavt antal til at overblikket ikke mistes. Med dette som grundlag og suppleret med litteraturstudier blev der efter diskussioner internt i projektgruppen opstillet følgende otte basale vurderingskriterier, som der er taget udgangspunkt i ved bearbejdningen af flere af projektets casestudier:

- Miljøbelastning og ressourceforbrug
- Hygiejne og sikkerhed
- Drift og vedligeholdelse
- Brug og renholding
- Økonomi
- Selvforvaltning
- Robusthed
- Demonstrationseffekt

Opstillingen af kriterier er sket ud fra et krav om helhedsorientering, således at både tekniske, miljømæssige og samfundsmæssige aspekter indgår. Ved at indbygge et bredt sæt af kriterier sikres, at grundlaget for diskussioner og beslutninger vedrørende valg af spildevandssystem bliver synligt, og at alle relevante aktører inddrages. Det første kriterie "miljøbelastning og ressourceforbrug" samt det fjerde kriterie "økonomi" vil formentlig indgå i enhver form for vurdering af bæredygtighed uanset området, mens hhv. "hygiejne og sikkerhed", "drift og vedligeholdelse" og "brug og rengøring" er specielt relevante indenfor håndtering af spildevand, hvor disse aspekter er mere i fokus end ellers, som f.eks. ved brug af mobiltelefoner. Det bemærkes, at ordet "hygiejne" i denne sammenhæng dækker over, i hvilken udstrækning der er sikkerhed for menneskers sundhed. De sidste tre kriterier er medtaget af hensyn til emneområdets særlige karakter. "Selvforvaltning" er medtaget, fordi det er et udtrykt ønske for mange beboere i det åbne land at have råderet og beslutningskompetence over egne forhold. Mange af de tekniske løsninger er forholdsvis uprøvede, og der er desuden en risiko for, at kravene til løsningerne vil ændre sig i fremtiden. Kriteriet "robusthed" er derfor medtaget for at kunne fremhæve løsninger, der kan opgraderes ved delvis ombygning, hvorved både et økonomisk og miljømæssigt spild undgås. Kriteriet "demonstrationseffekt" er medtaget for at sikre, at der kan lægges specielt vægt på at afprøve løsninger, som der i dag er dårligt kendskab til, og hvor en naturlig stor fejlrisiko ellers ville medføre en dårlig vurdering.

Det er et stort problem ved opstilling af kriterier at strukturere de elementer, som indgår i kriterierne på en sådan måde, at alt væsentligt er talt med én og kun én gang. Af denne grund blev der indledningsvis arbejdet med at opbygge et hierarkisk træ i tre niveauer (kriterier, underkriterier og indikatorer). Et

eksempel på kriterietræ for de tre kriterier ”miljøbelastning og ressourceforbrug”, ”økonomi” og ”robusthed” er vist i Tabel 3.1.

Idéen med kriterietræet var for det første at afklare, hvilke informationer der skal genereres via stedsanalysen og for det andet at udnytte de indsamlede informationer fra stedsanalysen til at gennemføre en vurdering af den enkelte løsning. Kort sagt vil man kunne anvende et velstruktureret hierarkisk opbygget kriterietræ til at ”tælle sammen” og vurdere de forskellige kriterier kvantitativt. En løsning, der scorer godt i en sådan vurdering, vil integreret set være en god løsning i forhold til projektets definition af bæredygtig udvikling. Det viste sig imidlertid vanskeligt at opstille fornuftige og kvantificerbare indikatorer for alle kriterier, ligesom det viste sig vanskeligt at opstille et kriterietræ, hvor alt væsentligt var talt med én og kun én gang, og hvor alle indikatorerne skal aggregeres og vægtes for at værdisætte de samlede kriterier. Det stod også hurtigt klart, at en vurderingsmetode baseret på et stort antal indikatorer vil være meget tidskrævende at anvende i praksis, og at meget detaljerede vurderinger næppe er realistiske set i sammenhæng med de typisk små spildevandssystemer for enkeltejendomme eller grupper af ejendomme, som projektet fokuserer på. Da arbejdsmetoden inddrager det lokale sted som udgangspunkt for vurderingerne om bæredygtighed vil prioriteringen af kriterierne desuden være forskellige fra case til case, hvilket gør det vanskeligt at etablere et entydigt kriterietræ.

Af ovenstående grunde blev ideen om at udarbejde et fast kriterietræ til brug ved multikriterie vurdering forladt, og i stedet er der ved de forskellige cases taget direkte udgangspunkt i de 8 overordnede kriterier nævnt på forrige side. Dog er der i enkelte tilfælde gjort brug af underkriterier til udbygning af kriteriet ”miljøbelastning og ressourceforbrug”.

Tabel 3.1. Eksempel på hierarkisk træ til entydig kvantificering af kriterier.

Kriterie	Underkriterie	Indikator
Miljøbelastning og ressourceforbrug	Miljøbelastning	Vandforbrug
		Lokal udledning af NPO stoffer
		Affaldsproduktion
		Øvrige emissioner
		Lokale miljøeffekter
		Øvrige miljøeffekter
	Ressourceforbrug	Råmaterialer ved anlæg
		Næringsstoffer
		Energi ved drift
	Potentiale for recirkulering	NPO stoffer
Biogas		
Byggematerialer		
Transportbehov	Transporteret volumen af spildevand	
	Transporteret volumen af slam	
Økonomi	Investeringer	Udgifter for bruger
		Udgifter for myndighed
	Drift	Udgifter for bruger
		Udgifter for myndighed
	Omkostningseffektivitet	Kr. pr. kg N fjernet
	Kr. pr. kg P fjernet	
	Kr. pr. kg COD fjernet	
Robusthed	Imødekomme fremtidige krav	Reduktion af udledning
		Recirkulering
	Klare ændringer i spildevandsproduktion	Mængde
		Sammensætning
Tilpasses til fremtidige dispositioner	Ændres samlede til sorterende	
	Tilsluttes til centralt renseanlæg	

### 3.4 Vurderingsprincipper

Multikriterieevalueringsmetoder anvendes som antydnet i afsnit 2.3 i dag i mange sammenhænge, og indenfor de seneste år er der sket en udvikling mod voksende anvendelse som værktøj til beslutningsstøtte indenfor udvikling af infrastruktur (se f.eks. Mangin & Miramond, 2000). Specielle problemer er gerne relateret til aggregering af information med henblik på at værdisætte kriterier og til prioritering af forskellige kriterier i forhold til hinanden i tilfælde, hvor lineær vægtning ikke er rimelig. I dette projekt er en meget simpel form for multikriterie evaluering benyttet. Ved valget af denne fremgangsmåde blev der indledningsvis søgt inspiration i et beslutningsstøtteredskab til udbygning af vejanlæg, der inddrager holdninger og fordele ved forskellige løsninger ved fastsættelse af vægtningen (Rehfeld & Leleur, 1998).

Et grundlæggende problem ved værdisætning er, at de anvendte kriterier er meget forskellige og ikke er direkte sammenlignelige. Dette problem er dog løst ved at værdisætte de forskellige kriterier ud fra sammenligning med et velkendt referencescenarium, f.eks.

- de eksisterende forhold på stedet (hvor spildevandet typisk ikke håndteres ordentligt), eller
- "state of the art" teknologi til spildevandshåndtering (typisk kloakering)

Der udspændes så en skala, hvor midtpunktet afspejler referencesituationens værdisætning i forhold til et givent kriterium. F.eks. har en femtrins skala været benyttet, hvor karaktererne "--", "-", "0", "+" og "++" svarer til, at løsningen er meget dårligere, dårligere, neutral, bedre eller meget bedre end referencescenariet. Karaktererne er typisk tildelt ud fra en ekspertvurdering. I de fleste tilfælde er det projektmedarbejderne, der har ageret eksperter, men det er altid søgt at underbygge værdisætningen med detaljerede oplysninger og (for de kriterier, hvor det kan lade sig gøre) beregninger samt at efterprøve den ved at inddrage flere personer.

I nogle tilfælde har der været anvendt en numerisk skala, hvor tallene på skalaen kan gives en fortolkning som ovenfor. Det har den fordel, at en samlet score kan udregnes som f.eks. en middelværdi, så forskellige løsninger kan sammenlignes på en nem måde. Men der kan også lægges en vægtning ind i beregningen af den samlede score. Sammenligningen kan igen gå på løsningernes bæredygtighed (via den samlede score), men den kan også gå på betydningen af vægtningen (og dermed forskellige persongruppers præferencer) for resultatet. For nye uafprøvede løsninger kan det f.eks. være relevant at vide, om løsningen accepteres bredt, eller om den kun scorer højt hos nogle få grupper.

Den benyttede metode til multikriterievurdering er på sin vis et forsøg på at sammenligne usammenlignelige størrelser, og den hører hjemme i et ekstremt hjørne af Figur 2.1 ved at fokusere decideret på en kvantitativ tilgang med fokus på menneskers behov. Der er imidlertid andre elementer af den benyttede arbejdsmetode, f.eks. brug af dialogværksteder til afklaring af kriterier og præferencer, der sikrer at arbejdsmetoden i sin helhed dækker alle aspekter af Figur 2.1 og dermed afspejler en afbalanceret og fleksibel definition af begrebet bæredygtighed.

## 4 Gennemgang af udvalgte cases

### 4.1 Oversigt over arbejdet med cases og brugen af projektets værktøjer

I projektarbejdet indgik 5 casestudier til belysning af forskellige elementer af arbejdsmetoden samt de værktøjer, der er udviklet og afprøvet i projektet. Nogle af disse casestudier er udvalgt blandt de øvrige projekter under Aktionsplanens tema 1, mens andre ikke er omfattet af Aktionsplanen. Udover disse 5 egentlige casestudier, der hver især er afrapporteret selvstændigt, har der gennem projektperioden været kontakt til mange andre projekter under Aktionsplanen, dels via deltagelse i projektstyregrupper men også på et mere uformelt plan. Disse kontakter har specielt været med til at forbedre erfaringsgrundlaget med hensyn til teknisk information om lokalt baserede håndteringssystemer.

I arbejdet med de fem egentlige casestudier er arbejdsmetoden, som er beskrevet i kapitel 3, anvendt helt eller delvist. Fokus på de enkelte delelementer har dog været meget varierende fra case til case. I Tabel 4.1 ses en oversigt over brugen af cases, herunder hvilke delelementer af den sammenhængende planlægnings- og vurderingsmetode der understøttes og beskrives særligt i den enkelte case.

I hovedparten af de anvendte cases er der gennemført en stedsanalyse for den specifikke lokalitet. I nogle tilfælde er den foretaget meget summarisk, hvor den i andre er blevet gennemført i henhold til en *tjekliste*, således at udførelsen bliver særlig systematisk. Denne tjekliste er en del af den *vejledning i stedsanalyse* der er blevet udarbejdet sideløbende med casearbejdet, se afsnit 5.2.

Afholdelse af dialogværksteder har indgået som en væsentlig del i forbindelse med *Munkesøgård*, *Hvissinge Vest* og *Det åbne land*. I forbindelse med de to første cases blev der bl.a. lagt vægt på opstilling af kriterier - et arbejde, der også har foregået internt i projektgruppen på baggrund af teoretiske overvejelser.

*Teknologivurderinger* er blevet gennemført i samtlige cases, i forhold til de stedbundne betingelser der beskrives i stedsanalysen. Detaljeringniveauet i disse vurderinger er dog meget varierende.

Tabel 4.1: Oversigt over delelementer i den sammenhængende planlægnings- og vurderingsmetode, der er anvendt og uddybet i de fem casestudier.

Case	Stedsanalyse	Tjekliste	Dialogværksteder	Opstilling af kriterier	Teknologivurderinger	Opstill. af alternativer	Multikriterie-evaluering	Prioritering
Munkesøgård (afsnit 4.2)	X		X	X		X	X (vægtet)	X
Hvissinge Vest (afsnit 4.3)	X		X	X		X	X	X
Kolonihaver (afsnit 4.4)	X					X		X
Christiansø (afsnit 4.5)	X	X			X	X	X	X
Det åbne land (afsnit 4.6)	X	X	X	X	X	X	X (vægtet)	X

En afsluttende vurdering (multikriterieevaluering) er ligeledes blevet gennemført i hovedparten af casestudierne. I nogle tilfælde er der ligeledes blevet gennemført en vægtning af de opstillede kriterier, hvorved forskellige aktørers præferenceprofiler bliver tilgodeset. Endeligt mundede de fleste casestudier ud i en egentlig prioritering af spildevandsløsninger for den pågældende lokalitet. Denne prioritering kunne efterfølgende danne grundlaget for et valg af løsning.

I det følgende gennemgås arbejdet med de enkelte cases. For de to cases om hhv. *Christiansø* og *det åbne land* er gennemgangen mere uddybende end for de tre første cases, hvilket afspejler, at opstilling af alternative håndterings-systemer i disse to tilfælde har været en stor del af arbejdet.

#### 4.2 spildevandsplanlægning i en økoby, Munkesøgård ved Roskilde

Munkesøgård er en byøkologisk bebyggelse, opført ved Trekroner i Roskilde. Forud for opførelsen er der gået flere år med diskussion og planlægning af bebyggelsen og dens udformning blandt de kommende beboere. Spildevandshåndteringen har været et centralt emne og der har været udtrykt ønsker om lokale kredsløb og genanvendelse af næringsstoffer samt om selvforvaltning. Disse ideer er dog først sent i processen blevet konkretiseret.

Trekroner området omfatter 400 ha, der er udlagt til byggeri, men endnu ikke er bebygget eller kloakeret. Området er underlagt særlige krav til grundvandsbeskyttelse, og Roskilde Amt har derfor ikke givet tilladelse til nedsivning af spildevand. Til gengæld er der givet tilladelse til udledning af rensset spildevand til Himmelev bæk, der gennemskærer området og afvander til Roskilde fjord. Roskilde Amt har vurderet, at spildevandet fra Munkesøgård vil kunne leve op til de specificerede krav efter rensning i sandfilter.

Der var på forhånd foretaget analyser som udgangspunkt for opstilling af følgende tre alternativer til spildevandshåndtering i Munkesøgård:

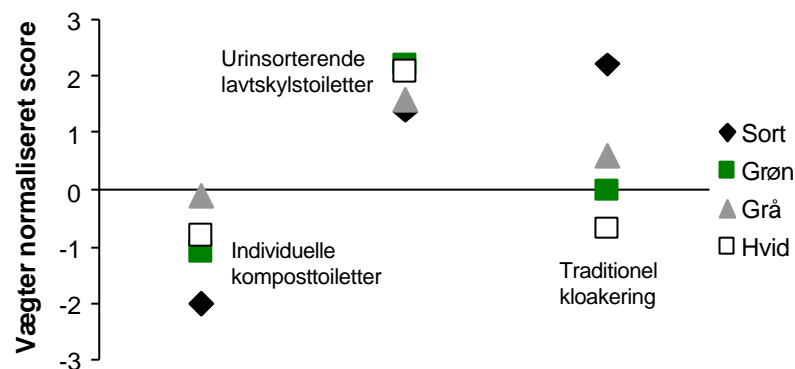
1. Individuelle komposttoiletter
2. Urinsorterende lavtskylende toiletter
3. Traditionel kloakering

Dette skete uden, at beboerne havde afklaret et fælles værdigrundlag for valget af spildevandsløsning. Munkesøgård blev en case i nærværende projekt netop på baggrund af problemerne med at vurdere og vælge spildevandsløsningerne i bebyggelsen. Der blev gennemført et dialogværksted, hvor de kommende beboere fik lejlighed til at diskutere og vurdere, hvilke krav de stiller til spildevandsløsningerne. Beboerne opstillede omkring 40 forskellige krav, der blev analyseret og grupperet af værkstedslederne fra DTU under følgende 10 hovedoverskrifter:

- Økonomi
- Minimering af miljøbelastning
- Minimering af energi- og ressourceforbrug
- Sikkerhed
- Funktion
- Brug i hverdagen
- Æstetik
- Nærhed og lokalt engagement
- Helhed i systemet
- Demonstrationsværdi som forbillede

Ovenstående liste illustrerer, at spildevandshåndtering ikke kun handler om økonomi, teknik og hygiejne for de beboere, som skal leve med de tekniske løsninger. I øvrigt var det tydeligt på mødet, at beboerne havde meget forskellige opfattelser i forhold til spildevandshåndtering. Mange af "kravene" er vanskelige at fortolke og oversætte til kriterier, som kan ligge til grund for en konkret vurdering af spildevandsløsningers bæredygtighed. Materialet fra Munkesøgård blev derfor benyttet som et kvalitativt grundlag for at gennemføre projektets første multikriterievurdering af forskellige løsninger.

De tre alternative løsningsforslag nævnt ovenfor blev vurderet med udgangspunkt i fire kriterier, som i nogen grad dækker de krav, beboerne opstillede: "Økonomi", "miljø", "teknik" og "bløde værdier". Specielt det sidste kriterium er vanskeligt at vurdere, men det blev forsøgt at vurdere de tre løsninger så objektivt som muligt på baggrund af en bred diskussion i projektgruppen. Vurderingen blev gennemført i forhold til en skala fra -5 (meget dårligt) til +5 (meget godt). Efterfølgende blev der opstillet 4 fiktive grupper, der havde hver sin prioritering af de opstillede kriterier og dermed afspejlede forskellige præferenceprofiler. Præferenceprofilerne (kaldet hhv. "sort", "grøn", "grå" og "hvid") spændte fra at have meget fokus på miljø og bløde værdier til at have hovedfokus på økonomi og teknik.



Figur 4.1: vægtede og normaliserede scorer ved multikriterievurderingen af spildevandsløsninger i Munkesøgård.

Af Figur 4.1 fremgår det, hvorledes de 3 alternative løsningsmuligheder scorer efter vægtning af de "objektive" vurderinger af kriterier i forhold til de opstillede præferenceprofiler. Det fremgår af den gennemførte multikriterieanalyse, at den lavtskyllende og urinsorterende løsning (løsning 2) er mindst følsom i forhold til alle de opstillede præferenceprofiler, og at den samtidig samlet set har den højeste score. Derimod har komposttoiletterne fået en lav score, hvilket primært skyldes, at de er relativt dyre, og at der er et stort energiforbrug i forbindelse med ventilation og etablering af betonkældre, hvilket giver en dårlig score på miljø kriteriet, se Properzi (1998) for yderligere information om dette. Det skal bemærkes, at en anden løsning, hvor kompostering kan foregå på terræn, muligvis ville medføre en anden vurdering.

Krav fra det lokale arbejdstilsyn afgjorde det endelige valg til fordel for det urinsorterende toilet - ikke på grund af analysen vist i Figur 4.1, men fordi arbejdstilsynet ikke kunne acceptere de hygiejnemæssige forhold i forbindelse med tømning af kompostbeholdere placeret i betonkældre.

Denne case er et eksempel på, at de offentlige myndigheders krav til spildevandshåndtering er vanskelige at håndtere i relation til alternative løsninger, bl.a. fordi der ikke er præcedens for at tillade større sundhedsmæssige risici i



specielle tilfælde i forbindelse med forsøg eller for at opnå fordele med hensyn til andre kriterier, der indgår i definitionen af bæredygtighed. Casen viser også, at det kræver mange forhandlinger med mange forskellige myndigheder, før det er muligt at gennemføre alternative løsninger, og at det er meget svært at få rådgivning på området. Endelig viser casen, at multikriterievurdering - selv på et simpelt niveau, hvor præferenceprofiler opstilles på baggrund af kvalitative vurderinger - kan medvirke til at skabe overblik over, hvordan forskellige løsninger forholder sig til de lokale målsætninger med hensyn til bæredygtig udvikling.

Dialogværkstedet samt arbejdet med multikriterievurdering er dokumenteret i en selvstændig rapport (Gabriel & Hoffmann, 2001), der kan downloades fra projekthjemmesiden.

#### 4.3 Byøkologiske tiltag ved planlægning af bydelen Hvissinge vest i Glostrup

Hvissinge Vest er et ubebygget område i udkanten af Vestskoven i det Nordvestlige Glostrup. Området er ejet af Glostrup Kommune, der ønsker det solgt og bebygget. Ved en arkitektkonkurrence om bebyggelse af området blev der udpeget et vinderforslag, der foreslog området udstykket i fire storparceller og bebygget med ca. 200 boliger. Det er planen, at storparcellerne skal sælges til entreprenører, der skal stå for byggeri af tæt lav bebyggelse og udstykning og salg af parcelhusgrunde.

I arkitekternes konkurrenceforslag indgik nogle 'bløde' intentioner om byøkologi samt en række løse forslag til byøkologiske tiltag (nedsivning af regnvand, genanvendelse af gråt spildevand etc.). Glostrup Kommune ønskede disse tiltag konkretiseret for ad den vej at lægge sig fast på et ambitionsniveau for de byøkologiske tiltag i Hvissinge Vest.

Hedeselskabet, der blev inddraget som rådgiver til denne opgave, valgte at forsøge at bruge de værktøjer og den vurderingsmodel, der er udviklet af DTU i forbindelse med nærværende projekt, og der blev derfor aftalt et samarbejde om en afprøvning af vurderingsmetoden.

Projektet i Glostrup Kommune bygger på en stedsanalyse for Hvissinge Vest, hvor de tiltag, der var praktisk og økonomisk realiserbare, blev identificeret. Samtidig blev fordele og ulemper ved de enkelte tiltag opgjort, så tiltagene kunne prioriteres ud fra deres miljøeffekt, brugeraspekter og demonstrationsværdi.

Herefter skete en vurdering af de udvalgte byøkologiske tiltag. Vurderingen omfattede tiltagets performance på 8 vurderingskriterier, der blev udvalgt til lejligheden (jfr. Tabel 4.). De valgte kriterier svarer altså ikke fuldstændigt til de otte kriterier nævnt på side 26, bl.a. mangler hygiejne-kriteriet, der er specielt vigtigt ved vurdering af spildevandsløsninger men mindre vigtigt ved vurdering af de andre byøkologiske tiltag, der indgik i denne case. Vurderingen skete som en vurdering af tiltaget i forhold til den traditionelle løsning, "referencetiltaget". Det betød f.eks., at varmforsyning fra et biomassefyrt blev vurderet i forhold til tilslutning til det fjernvarmesystem, der ligger i området. Vurderingen af de enkelte tiltag blev dokumenteret i en kort tekst og samlet i et oversigtsskema. Tabel 4. illustrerer den gennemførte vurdering for et udsnit af de vurderede tiltag.

Tabel 4.2: Uddrag af den sammenfattende vurdering af byøkologiske tiltag i Hvissinge Vest. Tiltagene er vurderet i forhold til de tilsvarende traditionelle løsninger det pågældende sted således at --- betyder, at løsningen er meget dårligere end den tilsvarende traditionelle løsning, mens 0 og +++ indikerer, at løsningen er hhv. neutral og meget bedre end den traditionelle løsning.

	Miljø	Økonomi	Komfort	Drift	Robusthed	Selvforvaltning	Æstetik	Demoværdi
Solfangere	0	-	0	-	++	+	0	+
Elbesparelser	+++	+	0	0	+++	+	0	++
Lavenergibyggeri	+	-	0	0	+++	0	0	++
Kildesortende toiletter	+	--	0	-	0	+	0	+++
Kompostering	+	+	-	-	++	++	-	++

Endelig blev der iværksat en bred diskussion om visioner for området og om de byøkologiske tiltags sociale aspekter. Motivationen var at lave en bedre planlægning af den nye bebyggelse og at skabe et klart beslutningsgrundlag. Således blev kommunalpolitikere, ledende teknikere, boligselskaber, grundejerforeninger samt repræsentanter for græsrodsorganisationer inddraget i prioriteringen af byøkologiske tiltag i Hvissinge Vest gennem et dialogværksted.

Dialog og samarbejde mellem forskellige aktører er et vigtigt fundament i bæredygtig udvikling. Udviklingen af et dialogværksted, der kan fungere som en bred ramme for dialog mellem de forskellige aktører og opbygning af samarbejdsrelationer er således et vigtigt element i metoden.

Resultaterne af stedsanalysen og dialogværkstedet er blevet udmøntet til handling. Dels er de byøkologiske tiltag blevet indbygget som overordnede intentioner i lokalplanen for Hvissinge Vest, og dels er der blevet stillet krav til de kommende bygherrer i det salgsmateriale, der er udarbejdet for området. Selvom visionerne for Hvissinge Vest var økologisk byggeri og projektet kun sekundært handlede om håndtering af spildevand, så har denne case medvirket til at vise og udvikle arbejdsmetodens anvendelighed og elementer. Arbejdet er dokumenteret en selvstændig rapport (Hoffmann & Gabriel, 2001), der kan downloades fra projekthjemmesiden.

#### 4.4 Lokal håndtering af spildevand i kolonihaver

Kolonihaveforbundet har i samarbejde med det private rådgivende firma A&B Backlund Aps, samt Helev og Ballerup kommuner gennemført et projekt om afprøvning og udvikling af individuelle spildevandsløsninger i kolonihavebebyggelser. Kolonihavebebyggelser i Herlev, Ballerup og Slagelse indgår i projektet, der løber over to sæsoner. Kolonihaveprojektet er støttet af Aktionsplanen, og DTU har desuden bidraget med faglig støtte og medvirken ved afrapportering for at kunne inddrage erfaringerne af dette projekt.

I projektet er der indsamlet detaljerede brugererfaringer i kolonihaveforeninger vedrørende etablering og drift af kildesortende toiletssystemer til særskilt opsamling af urin og fækalier uden vandskyl. Der blev installeret kildesortende toiletter i 89 kolonihaver beliggende i Herlev, Ballerup og Slagelse. Der blev anvendt forskellige løsninger baseret på 10 forskellige toiletmodeller. Formålet med projektet var, at brugerne skulle vurdere systemet i forhold til installation, sortering, brug, rengøring, tømning og eventuelle gener, samt afprøve og demonstrere anvendelse af urin som gødningsmiddel i den enkelte have. Et bredt udsnit af aldersgrupper har deltaget i forsøget, hvilket betyder at grundlaget er repræsentativt. Brugernes undersøgelse har været meget positiv og har haft meget få problemer, som alle er blevet løst. Både installation, rengøring og tømning af toilettet er

vurderet til at være nemt. En enkelt har haft problemer med nedgravning af urinbeholderen pga. høj grundvandsstand.

Den daglige brug af toiletet er generelt uden problemer, men enkelte kvinder synes at det er svært at ramme urinskålen. Efter en tilvænningsfase var der kun to kvinder, som havde problemer. Gener i form af fluer, støj og lugt har været minimale, og brugerne har selv løst de få problemer, der er opstået. Der har været en smule lugt udendørs ved specielle vejrforhold hos fem af de brugere, der havde valgt at føre ventilationen ud gennem væggen i stedet for op gennem taget. Kun en deltager med morgenmadssted ved ventilationsrøret og en med en midlertidig løsning ville ændre rørføringen. To vurderede, at generne var så store, at de ville ændre ventilationen.

Urinen er meget koncentreret, og indholdet af næringsstoffer gør den umiddelbart velegnet til gødning. Samtidig ligger koncentrationen af tungmetaller og miljøfremmede organiske stoffer under grænseværdierne i slambekendtgørelsen.

Forsøget med kildesortering af toiletter i kolonihaver har været en succes og er et glimrende alternativ til traditionelle systemer. En afgørende fordel ved etablering af kildesortering af toiletter frem for kloakering er, at det er en væsentlig billigere end traditionel kloakering, og desuden spares der vand, ligesom næringsstofferne kan recirkuleres.

Projektforløbet har været præget af meget vanskelig myndighedsbehandling vedrørende håndtering af den opsamlede kildesorterede urin, der har udskudt opstarten af projektet. Blandt andet er der blevet stillet krav om hygiejniserende af den frasorterede urin. Anvendelse af urin som gødningsmiddel i den enkelte kolonihave har således ikke været mulig på grund af manglende tilladelse. Erfaringerne fra denne case viser ligesom i Munkesøgaard casen, at det er meget vanskeligt at gennemføre forsøg med alternativ spildevandshåndtering. Ved en kildesortering af spildevandsfraktionerne sker der formelt det i myndighedsbehandlingen, at flere forskellige myndigheder bliver ansvarlige, og dette gør det vanskeligt at træffe beslutninger.

Erfaringerne fra denne case peger også på, at det bør overvejes, hvorledes der fremover stilles krav til spildevandshåndtering fra kolonihaver. Regulering af spildevandsløsninger med udgangspunkt i renskrav bremser for brugen af kildesortering af toiletter, da de i princippet ikke har nogen renseseffekt men reducerer udledningen ved at gøre forureningsproduktionen mindre.

Arbejdet er dokumenteret i en selvstændig rapport (Backlund et al., 2002), der kan downloades fra Miljøstyrelsens hjemmeside. Link findes i øvrigt også på projekthjemmesiden.

#### 4.5 Muligheder for spildevandshåndtering på Christiansø

Denne case omhandler en opstilling og vurdering af en mulig spildevandshåndtering på Christiansø og Frederiksø, samlet kaldet Ertholmene, en lille øgruppe nordøst for Bornholm. Projektet indgår som et selvstændigt projekt under Aktionsplanens tema 1 og udspringer af et ønske fra Forsvarsministeriets Fæstnings- og Natursekretariat (FNS) om at finde nogle alternative spildevandsløsninger til en foreslået traditionel renseløsning. Det er tilstræbt i projektarbejdet at generalisere resultaterne, således at de kan finde anvendelse i forhold til problemstillingerne vedr. kloakløse bebyggelser i almindelighed.

Metoden til planlægning og vurdering af spildevandshåndtering som beskrevet i kapitel 3 er blevet afprøvet i nærværende case. Dialogværktøjer er dog ikke blevet taget i brug, eftersom forvaltningen har skønnet at en sådan dialog ikke er nødvendig. Man har vurderet at de løsninger, der teknisk set kan etableres på Christiansø, ikke vil indvirke på øboerne i højere grad end under de eksisterende forhold. I forbindelse med øens affaldshåndtering, har Christiansø's forvaltning til gengæld valgt at føre i dialog med øboerne, da en fremtidig effektiv affaldshåndtering vil afhænge af deres accept af systemet.

#### 4.5.1 Indledende stedsanalyse

Den indledende stedsanalyse er baseret på et kildemateriale, der kan deles op i fire kategorier:

- Officielle juridiske papirer og planer fra Miljø- og Energiministeriet, Forsvarsministeriet og EU
- Interviews med administration og beboere på Christiansø
- Egne undersøgelser på øerne
- Eksisterende litteratur om Christiansø og om alternativ spildevandshåndtering

Den indledende stedsanalyse har peget på, at de nuværende spildevandsforhold med udledning af urensset spildevand i havnebassinet er uacceptable set i forhold til gældende lovgivning og i forhold til hygiejniske, æstetiske og miljømæssige gener. Det er imidlertid ikke helt klart hvilke krav, der fremover vil gælde for spildevandshåndteringen på øerne. På den ene side kan man argumentere for, at Christiansø er et meget specielt tilfælde med meget små mængder af spildevand, der derfor godt kan udledes til Østersøen. På den anden side kan man også se Christiansø som en principiel sag med stor demonstrationseffekt, og at det derfor vil være problematisk at tillade urensset udledning.

I Bornholms Amt har gældende praksis for mindre anlæg (få hundrede PE) været kun at stille krav om simpel mekanisk rensning. Argumentationen for disse lempelige krav er, at Østersøen er en meget åben recipient og at udledningen fra mindre anlæg ikke vil kunne forværre næringsstofforholdene i Østersøen. Lignende krav kan formentlig forventes som fremtidige krav til spildevandshåndtering på Christiansø.

At Christiansø er fredet har vidtrækkende konsekvenser for anlægsprojekter og projekter til håndtering af spildevand. Projekter bliver fordyret, da der skal træffes særlige foranstaltninger for at sikre, at bygninger og infrastruktur ikke ændres. Opførelse af nye anlæg og bygninger kræver særlig tilladelse. Det er også et krav til nye anlæg, at risikoen for negative påvirkninger af dyre- og planteliv minimeres.

Den nuværende forsyning af drikkevand er meget sårbar, eftersom den er baseret på overfladevand. Det er umuligt at friholde dette overfladevand for fugle og padder. Ligeledes vil udspredding/nedsivning af spildevand på jorden medføre forurening af overfladevandet. En del steder anvendes havvand til toiletskyl, og ved dimensioneringen af systemalternativer skal der derfor tages højde for det usædvanlige saltindhold i spildevandet.

Spildevandsmængderne er opgjort til ca. 100 PE i vintersæsonen og op til 635 PE i sommersæsonen. Vinterbelastningen kan øges til 135 PE, hvis bolig-

kapaciteten udnyttes fuldt ud. Opgjort i næringsstoffer er den årlige belastning ca. 760 kg Total-N, 200 kg Total-P og 4630 kg BOD<sub>5</sub>. Den totale spildevandsproduktion på Christiansø er opgjort til knap 9500 m<sup>3</sup> pr. år.

De løsninger, der normalt vælges ved etablering af alternative spildevandsanlæg, såsom rodzoneanlæg, nedslivningsanlæg og kildesortering af fækalier eller urin vanskeliggøres på grund af klippegrunden og de meget begrænsede egnede arealer til genanvendelse. Den potentielle værdi af restprodukterne forringes desuden sammenlignet med værdien af restprodukter andre steder, fordi minimum 20 km søtransport kræves for at finde egnede arealer.

Der er ansat en administrator på øen, der sammen med souschefen forvalter den tekniske infrastruktur. De uformelle samtaler med beboerne peger på, at disse ikke er specielt optagede af problematikker vedr. spildevandshåndtering men generelt ønsker at passe godt på øerne og derfor kan motiveres for positive forandringer. Hytteboerne er vant til selv at håndtere spildevand og kan formodentlig nemt tilpasse sig alternative løsninger. Den store udfordring for spildevandssystemet er imidlertid de mange éndagsturister, der enten kan opfattes som en barriere for alternative systemer eller som en mulighed for at udbrede kendskabet hertil.

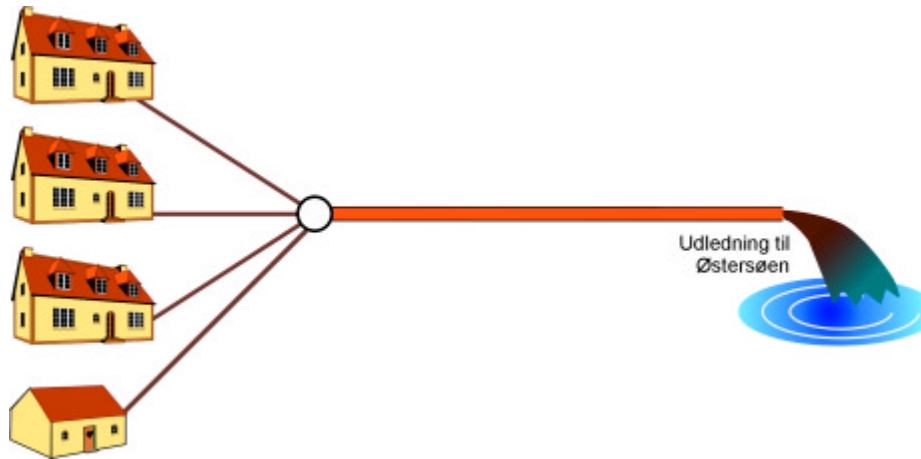
Den indledende stedsanalyse har mundet ud i en inddeling af Christiansø i forskellige "typeområder", der danner basis for en senere vurdering af forskellige spildevandsløsninger. Typeområderne kan inddeles i 4 overordnede områder: Tæt bebyggelse, spredt bebyggelse, hytter og offentlige toiletter.

#### 4.5.2 Opstilling af teknologialternativer

Med udgangspunkt i en bruttoliste over alternative spildevandssystemer, er der udvalgt 6 forskellige spildevandsløsninger der har relevans for Christiansø:

1. Lang rørføring ud i Østersøen for direkte udledning af spildevandet (se Figur 4.).
2. Installation af offentlige vakuumpoiletter med bortsejling af opsamlet materiale til Bornholm.
3. Etablering af kompakt renseanlæg (Actiflo) for rensning af spildevandet.
4. Offentlige vakuumpoiletter suppleret med Actiflo-anlæg for rensning af resterende spildevand.
5. Traditionelt renseanlæg.
6. Urinopsamling fra tæt bebyggelse og offentlige toiletter samt rensning af resterende spildevand i et kompakt renseanlæg.

Hvorvidt en løsning har relevans på Christiansø, er vurderet på baggrund af den indledende stedsanalyse. De opstillede løsninger kan ikke forsvares ud fra et "grønt" synspunkt, fordi mange af de "grønne" eller økologiske værdier er blevet fravalgt. Det skyldes de specielle fysiske forhold på Christiansø, fredningsforholdene, jordbundsforholdene (klipperne), og det begrænsede areal der er til rådighed. De opstillede løsninger medfører derfor anlægs- og/eller transportarbejder i et vist omfang.



Figur 4.2: Illustration af Løsning 1 med lang rørføring ud i Østersøen.

Der fulgte nu et andet trin af stedsanalysen, hvor der blev foretaget en kvantitativ vurdering af de 6 spildevandsløsninger ud fra deres resulterende belastning af Østersøen med kvælstof, fosfor og organisk stof (se Tabel 4.3). Ligeledes blev der udført beregninger på et eventuelt transportbehov for slam og spildevand til Bornholm, hvilket også indgik i vurderingen af miljøkriteriet (se Tabel 4.4).

Tabel 4.3: Belastning med N, P og BOD<sub>5</sub> fra de spildevandsløsninger, der indgår i projektet. Tallene er angivet i kg/år samt i rensningsgrad (%), udregnet i forhold til den samlede spildevandsproduktion.

	N		P		BOD <sub>5</sub>	
	kg/år	rensning (%)	kg/år	rensning (%)	kg/år	rensning (%)
<b>Eksisterende forhold</b>	760	~0	198	1	4024	13
Lang rørføring (1)	760	~0	198	1	4024	13
Offentlige vakuumtoiletter (2)	526	31	150	24	3489	25
Kompakt anlæg (Actiflo) (3)	624	18	30	85	402	91
Vakuumtoilet / Actiflo (4)	431	43	22	89	349	92
Traditionelt renselanlæg* (5)	114	85	20	89	201	96
Urinopsamling / Actiflo (6)	57	93	13	94	366	92
<b>Forventede rensningskrav +</b>	<b>686</b>	<b>10 %</b>	<b>180</b>	<b>10 %</b>	<b>3242</b>	<b>30 %</b>

\* mekanisk/biologisk/kemisk rensning. + forventede krav svarer til mekanisk rensning.

Det bemærkes at 50 % af N og P (ca. 2 kg N og P / år) og 85 % af BOD<sub>5</sub> (ca. 607 kg BOD<sub>5</sub> / år) i det grå spildevand fra hytteboere og camping/båd er medtaget i ovenstående opgørelse som værende uden for det egentlige spildevandssystem (spredes ud i egne haver eller hældes i havnen). Således antages det, at der både under de eksisterende forhold og ved den lange rørføring sker en vis reduktion af NPO (~ 0 %, 1 % og 13 %) pga. denne diffuse afledning af gråt spildevand.

#### 4.5.3 Multikriterievurdering

Efter at have udført en massestrømsanalyse på de opstillede spildevandssystemer blev de forskellige alternativer (heriblandt den traditionelle løsning) vurderet i forhold til de eksisterende forhold. Vurderingen blev delt op på 8 kriterier (miljø, hygiejne, drift, brug, økonomi, selvforvaltning, robusthed og demonstrationsværdi). Opstillingen af dette sæt kriterier er sket ud fra et krav om helhedsorientering.

Tabel 4.4: Samlet vurdering af de 6 principløsninger i forhold til de eksisterende forhold.

Løsning	Kriterie	Miljø*	Hygiejne	Drift	Brug	Økonomie	Selvforvaltning	Robusthed	Demo-effekt
Eksisterende forhold		0	0	0	0	0	0	0	0
Lang rørføring (1)		0	++	0	0	-	0	+	0
Offentligt vakuumtoilet (2)		+	++	-	0	-	0	+(+)	+
Kompakt anlæg (Actiflo) (3)		+	++	-	0	--	0	++	0
Vakuumtoilet / Actiflo (4)		++	++	--	0	---	0	+++	+
Traditionelt renseanlæg (5)		++	++	-	0	---	0	+++	0
Urinopsamling / Actiflo (6)		+++	++	--	-	---	0	+++	++

\* primært en vurdering af forureningsbelastningen af Østersøen.

Opstillingen af spildevandsløsninger viste, at der med stor rimelighed kunne etableres et alternativ til den eksisterende spildevandshåndtering på Christiansø. Hovedparten af de opstillede løsninger (undtagen lang rørføring og offentlige vakuumtoiletter) vil kunne leve op til forventede udledningskrav svarende til mekanisk rensning. En løsning med en lang rørføring illustrerer meget godt det paradoksale i projektet. En direkte udledning svarer i næringsstofbelastning (N og P) til 8-10 køer's gødningens værdi. Sammenholdes dette med overvejelser omkring Østersøens generelle forureningstilstand, er bidraget fra Christiansø forsvindende. En sådan anskuelse af den aktuelle spildevandsbelastning giver anledning til at diskutere, om etablering af en egentlig spildevandshåndtering på Christiansø overhovedet er nødvendig.

Det vurderes dog, at det ikke ud fra generelle etiske overvejelser er forsvarligt at fortsætte den eksisterende udledning og håndteringspraksis. Hermed menes, at den eksisterende spildevandshåndtering på Christiansø ikke følger den generelle regulering i Danmark. De lokale hygiejniske og æstetiske problemer omkring havnen og i klipperne kan løses ved at anlægge en lang rørføring, men løsningen vil ikke reducere belastningen af Østersøen.

#### 4.5.4 Anbefalinger

På baggrund af rapportens vurderinger blev der opstillet et antal generelle anbefalinger for det fremtidige arbejde med en spildevandsløsning på Christiansø. Fælles for de foreslåede løsninger er, at der skal tages stilling til om den eksisterende kloak skal renoveres eller fornys. Spildevandsløsninger, der tager udgangspunkt i det eksisterende kloaksystem, kræver vedligeholdelse af kloakken. Det anbefales at tage stilling til i hvilken udstrækning kloakken skal renoveres i forbindelse med indførelse af nye spildevandsløsninger.

På baggrund af besøg på Christiansø og i samarbejde med forvaltningen blev det vurderet, at der ikke er stor lokal interesse for at etablere sorterende spildevandssystemer. Desuden er det ikke muligt at genanvende frasorterede næringsstoffer på øen. Derfor kan det ikke anbefales at etablere urinsortierende spildevandssystemer på Christiansø. I stedet blev det - med henvisning til de specielle forhold (fredning, klippegrund etc.), øens placering og det minimale forureningsbidrag til Østersøen - anbefalet at søge om tilladelse til at samle og eventuelt neddele spildevandet og lede det ud via en havledning. Alternativt - såfremt der bliver stillet krav om reduktion af stofudledningen - blev det anbefalet på baggrund af en beslutning om behovet for kloakrenovering at vurdere en traditionel renseløsning i forhold til en løsning, hvor alene belastningen fra de offentlige toiletter afskæres (offentlige vakuumtoiletter).

Arbejdet er dokumenteret som en selvstændig rapport (Smith et al., 2001a), der kan downloades fra Miljøstyrelsens hjemmeside. Link findes også på projekthjemmesiden.

#### 4.6 Vurdering af spildevandsløsninger i det åbne land – et casestudie om Hillerød kommune

Den nye spildevandsbekendtgørelse (Miljø- og Energiministeriet, 1999) stiller krav om, at afledning af spildevand fra spredt bebyggelse reguleres, så spildevandsbelastningen af vandløbene reduceres. Det betyder at en stor del af lodsejerne i det åbne land skal have etableret eller ændret deres spildevandssystem, så det lever op til bekendtgørelsens krav. Kommunerne skal udarbejde en spildevandsplan der indeholder oplysninger om spildevandshåndteringen i det åbne land og planer for at imødekomme de nye krav. I princippet kan borgerne vælge mellem selv at etablere en løsning eller at tage imod en løsning i offentligt regi, hvor der betales de normale spildevandsafgifter svarende til kloakerede områder.

På landsplan findes der ca. 348.000 ejendomme udenfor de etablerede kloakoplande, hvoraf hovedparten er spredt bebyggelse og sommerhuse (Miljøstyrelsen, 2000). For mere end 50% af ovennævnte ejendomme stilles der skærpede krav til reduktion af udledningen af organisk stof, fosfor og kvælstof på ammonium-form.

I nærværende case, tages der udgangspunkt i et delområde af *det åbne land i Hillerød kommune*. Dette er sket i samarbejde med Hillerød kommune og Hedeselskabet.

##### 4.6.1 Den indledende stedsanalyse

Der blev gennemført en indledende analyse af den konkrete problemstilling, der groft fastlagde det aktuelle behov samt fysiske, miljømæssige, tekniske og sociale betingelser for spildevandshåndteringen. Den indledende stedsanalyse blev udført med udgangspunkt i et udkast til *vejledning i stedsanalyse*. Dette udkast blev løbende revideret sideløbende med casearbejdet.

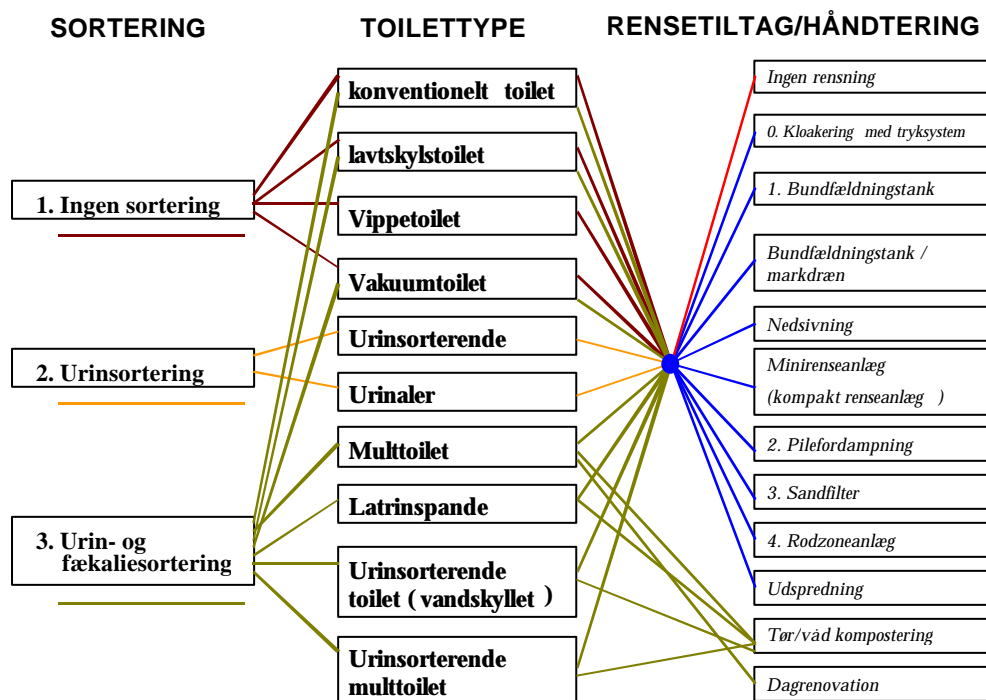
Et optimalt valg af løsning for en ejendom i det åbne land forudsætter en grundig kortlægning af begrænsninger og muligheder på den pågældende lokalitet (*stedsanalyse*) samt at der skabes dialog med borgerne om grundlaget for valg af løsning. Herefter skal der følge en objektiv vurdering af en bred vifte af mulige spildevandssystemer. I det konkrete område af Hillerød kommune gav stedsanalysen bl.a. en indikation af at såvel jordbunds- som grundvandsforhold gjorde at nedsivning ikke var en rimelig løsning. Disse forhold gjorde også, at nedsivningsanlæg ikke blev foreslået for nogle af de udpegede ejendomme.

Et dialogværksted gennemført i et (andet) delområde af Hillerød kommune gav værdifuld information om borgernes præferencer mht. valg af spildevandsløsning. På baggrund af dette værksted blev der opstillet 2 forskellige præferenceprofiler, der blev anvendt til at vurdere de forskellige løsninger på ejendomsniveau. *Profil 1* tegner billedet af en lodsejer, der prioriterer selvforvaltning, robusthed og demonstrationsværdi i løsningen højt. *Profil 2* tegner billedet af en lodsejer, der prioriterer hygiejne-, drifts- og brugsaspekter af en løsning højt. Dialogværkstedet blev gennemført med udgangspunkt i et udkast til *Dialogværksted – inspiration til dialog* (se afsnit 5.3), der ligeledes blev revideret løbende.



#### 4.6.2 Opstilling af bruttoliste

Som udgangspunkt for at opstille alternative løsningsmuligheder blev der udarbejdet en bruttoliste, der skitserer en bred vifte af lokale systemer til håndtering af spildevand. Som det fremgår af Figur 4.3 er der taget udgangspunkt i 3 kategorier af sortering ved opstilling af mulige spildevandsløsninger. *Ingen sortering* betyder at der ikke er gjort noget for at adskille toiletspildevandet fra den øvrige spildevandsstrøm. Ved *Urinsortering* fjernes urinen fra spildevandsstrømmen med henblik på genanvendelse. Hermed vil et urinsortende toilet, der er installeret for vandbesparelsens skyld og hvor urinen efter toilettet igen ledes sammen med det øvrige spildevand, ikke figurere i denne kategori.



Figur 4.3: Bruttoliste over spildevandsløsninger

Ved *Urin- og fækaliesortering* frasorteres urin og fækalier den øvrige spildevandsstrøm, der herefter benævnes gråt spildevand. Urinen og fækalier kan opsamles hver for sig eller i den samme tank. Urinen frasorteres som regel med henblik på genanvendelse. Fækalierne kan efterbehandles eller transporteres væk og behandles et andet sted (f.eks. på konventionelt rensanlæg) end den øvrige spildevandsstrøm. Spildevandsløsningerne opstilles på baggrund af Figur 4. ved at vælge en sorteringskategori og derefter kombinere toiletttype og rensesiltag.

#### 4.6.3 Vurdering og opstilling af løsninger

Resultaterne fra den indledende stedsanalyse blev anvendt til at vurdere, hvilke af de opstillede løsninger i bruttolisten, der er mest relevante i relation til den pågældende lokalitet, *det åbne land i Hillerød kommune*. Hver løsning vurderes mht. om den er:

- *mulig* (ingen uoverensstemmelser mellem sted og løsningens betingelser).

- *måske mulig* (ingen principielle uoverensstemmelser men enkelte uafklarede punkter som f.eks. afsætningsmuligheder for urin).
- *ikke mulig* (alvorlige uoverensstemmelser mellem sted og løsningens betingelser, f.eks. nedsivning af spildevand i ikke nedsivningsegnet undergrund).

På baggrund af denne vurdering blev der udvalgt et antal løsninger, som blev undersøgt mere detaljeret.

#### 4.6.4 Uddybende stedsanalyser

Efter den første indledende stedsanalyse kan der efter behov udføres uddybende stedsanalyser, hvor der indsamles yderligere data og foretages beregninger til vurdering af de udvalgte løsninger. Denne fase kan rumme både en kvantitativ analyse (massebalancer) og en kvalitativ analyse (f.eks. aktørbaserede elementer). Fordelen ved at udføre stedsanalysen ad flere omgange med stigende detaljeringsgrad er at undgå at gennemføre en mere omfattende stedsanalyse end højst nødvendigt.

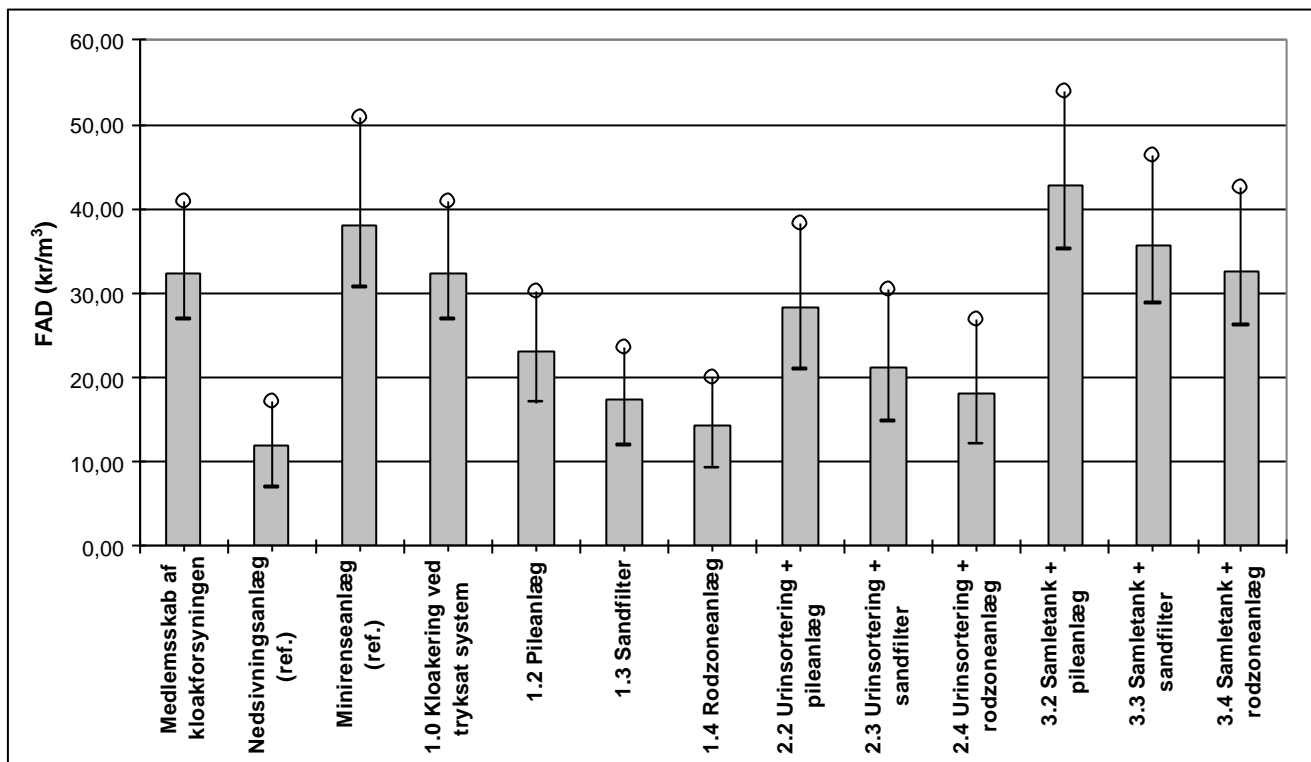
Den gennemførte massestrømsanalyse har vist, at de sorterende systemer ikke kan leve op til de foreskrevne renseskler i spildevandsbekendtgørelsen, med mindre de kombineres med en rensesforanstaltning. Dette er nødvendigt for at sikre en tilstrækkelig fjernelse af det organiske stof i det grå spildevand.

Massestrømsanalysen viste endvidere, at urinsortering i kombination med såvel biologiske sandfiltre som rodzoneanlæg kun lever op til renseskler SO (skærpede krav til reduktion af organisk stof, samt krav til ammonium-reduktion gennem nitrifikation) i spildevandsbekendtgørelsen.

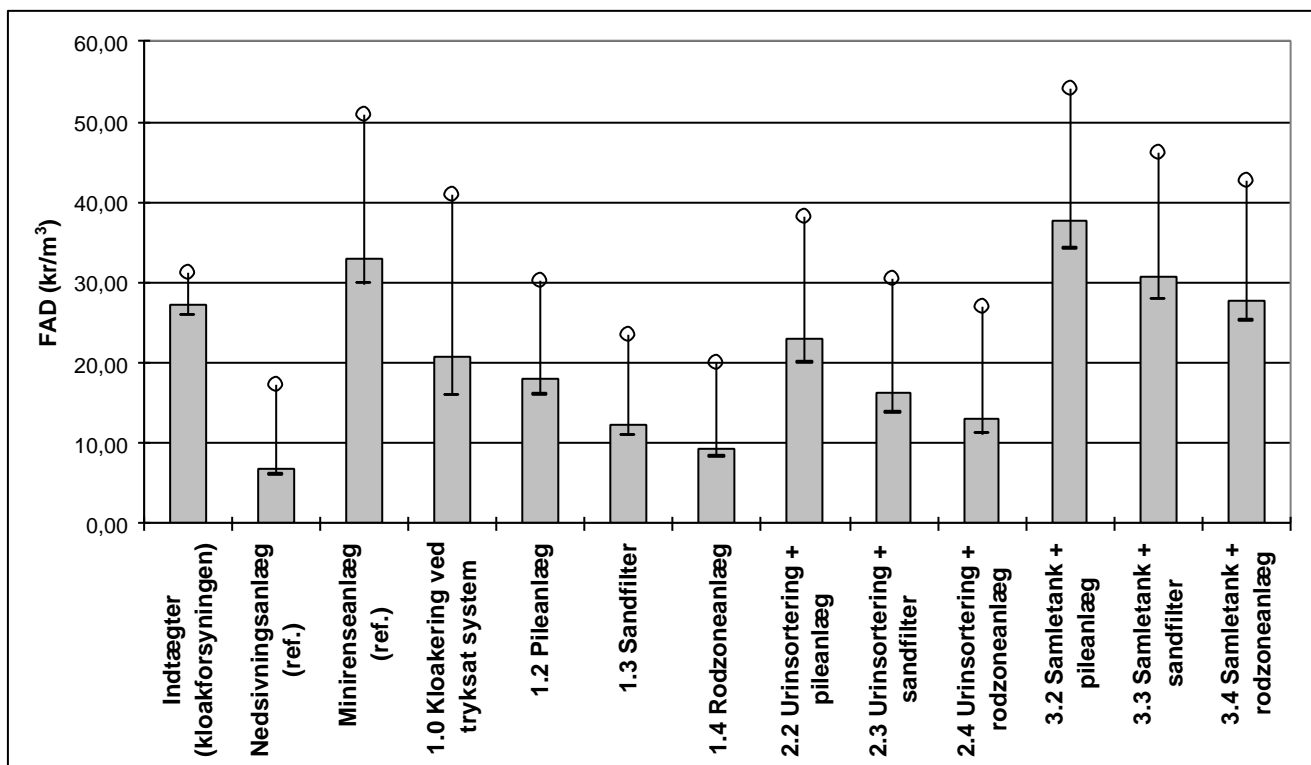
Urin- og fæcesortering i kombination med såvel biologiske sandfiltre som rodzoneanlæg lever kun op til alle renseskler, når løsningen suppleres med et krav om anvendelse af renere teknologi (dvs. brug af P-frie vaskemidler i husholdningen). Systemer hvori der indgår pileanlæg lever op til alle renseskler i spildevandsbekendtgørelsen.

De økonomiske overslagsberegninger har vist, at udgifterne forbundet med de forskellige løsninger er meget varierende. Dette gælder også for systemer der lever op til den samme renseskler. F.eks. er der for SOP-systemerne (skærpede krav til reduktion af organisk stof, samt krav til reduktion af både fosfor og ammonium) beregnet behandlingspriser, der svinger fra ca. 7 til 38 kr/m<sup>3</sup> (set fra grundejerens synsvinkel når der eksisterer tilløbssystem samt velfungerende bundfældningstank på ejendommen i forvejen). Økonomien vil derfor have stor betydning for såvel grundejerens som kommunens valg af et fremtidigt spildevandssystem for enkeltejendomme i det åbne land.

Figur 4.4 viser en oversigt over de økonomiske konsekvenser for grundejerens ved etablering af en privat spildevandsløsning i det åbne land. Den økonomiske konsekvens er udtrykt ved behandlingsprisen (kr/m<sup>3</sup>). Behandlingsprisen er beregnet som omkostningerne forbundet med Forrentning, Afskrivning og Drift (FAD) ved etablering af de forskellige løsninger. Indexscenariet (de grå søjler) er beregnet ud fra en investeringsperiode på 100 år, herunder anlægsomkostninger i år 0, årlige driftsomkostninger samt løbende fornyelsesudgifter. Renten blev sat til 6% (*pengemarkedsrenten* på baggrund af Nationalbankens udlånsrente) og inflationen blev skønnet til 2% på baggrund af oplysninger fra Økonomi- og Erhvervsministeriet.



Figur 4.4: Oversigt over de økonomiske konsekvenser af etablering af private løsninger (lodsejerens synsvinkel). Behandlingspriser i kr/m<sup>3</sup>. Der er ligeledes afbildet en variationsanalyse.



Figur 4.5: Oversigt over de økonomiske konsekvenser af etablering af kommunale løsninger (kommunens synsvinkel). Behandlingspriser i kr/m<sup>3</sup>. Der er ligeledes afbildet en variationsanalyse.

Som det fremgår af Figur 4.44 er der endvidere foretaget en variationsanalyse. Hermed er der blevet varieret på rente og inflation i forhold til udgangsscenarioet. Endvidere indgik der i analysen beregninger over en kortere investeringsperiode (20 år), hvilket gør løsningerne lidt billigere. Max-værdierne er udtryk for den gennemsnitlige behandlingspris ved det største spænd mellem rente og inflation på 6%. Minimumsværdierne i Figur 4.4 er udtryk for en situation, hvor der i forvejen eksisterer en velfungerende bundfældningstank samt tilløbssystem på ejendommen.

Figur 4.55 viser en tilsvarende økonomiske oversigt set fra kommunens synsvinkel. Den gennemsnitlige behandlingspris for etablering af de enkelte løsninger er således sammenlignet med den indtægt som kommunen modtager via kloakforsyningen. Som det fremgår er niveauet af behandlingspriserne for kommunen en smule lavere end for grundejeren (ved private løsninger). Dette skyldes den omstændighed, at grundejeren også ved en løsning i kommunalt regi selv skal forestå etablering af bundfældningstank og tilløbssystem på ejendommen.

Udover et forbehold i forhold til rente og inflation (vurderet ved variationsanalysen), tages der endvidere forbehold for det anvendte datagrund (anslåede anlægs-, fornyelses- og driftsomkostninger). Dette kan variere betragteligt og dermed influere på det absolutte niveau i Figur 4.44 og Figur 4.5, men det vil ikke påvirke den indbyrdes rangering. Det anvendte datagrundlag er præsenteret i caserapporten (Smith et al., 2002b).

Overordnet set fremgår det, at de samlede omkostninger for såvel kommunen som grundejeren (udtrykt ved behandlingsprisen) stiger med graden af sortering. Det kan på baggrund af overslagsberegningerne vurderes, at grundejeren ud fra et økonomisk synspunkt bør vælge et medlemskab af kloakforsyningen når urin- og fæcessortering (brug af samletank) systemer samt minirensanlæg er de eneste mulige løsninger. I alle andre tilfælde vil grundejeren spare penge ved at etablere et privat anlæg. Modsat får kommunen underskud (i forhold til indtægten via kloakforsyningen) når urin- og fæcessortering løsninger eller minirensanlæg er de eneste mulige løsninger. Det bemærkes, at prisgrundlaget ved økonomiberegningerne er fastsat ved bedste skøn på baggrund af bl.a. Dansk Afløbs- og Spildevandsforening (DANAS, 2000). Det er sandsynligt, at den kommende udvikling på området vil sænke priserne generelt.

#### 4.6.5 Uddybende vurdering af opstillede spildevandssystemer

Den gennemførte vurdering har bl.a. indeholdt en værdisætning (ved brug af en relativ score fra 1-5) af systemalternativerne på et antal kriterier. Den samlede vurdering kan ses i Tabel 4.5, der generelt kan bruges til udpegning af gode spildevandsløsninger for det åbne land i Danmark.

Som det ses af Tabel 4.5 er det i relation til miljøkriteriet udelukkende vurderet, om løsningerne lever op til de rensklasser, der er defineret for det åbne land (se Tabel 4.66). Dette skyldes, at reguleringen på området ikke tillader, at der gennemføres relative vurderinger på udledning. Det er f.eks. ikke tilladt at acceptere en dårligere rensklasse, fordi en løsningsmulighed scorer højt på andre kriterier.

Tabel 4.5: Samlet vurdering (relativ score) af mulige løsninger for det betragtede område (udfra rensklasse) i forhold til en kloakering med tryksystem. Økonomikriteriet er vurderet i forhold til et medlemskab af kloakforsyningen (herunder kloakering med tryksystem), set fra grundejerens synsvinkel, jf. figur 4-6.

Løsning	Kriterie	Rensklasse (miljø)	Hygiejne	Drift	Brug	Økonomi	Selvforvaltning	Robusthed	Demo
Nedsivning (ref.)		SOP	-2	-1	-2	5	2	-2	0
Minirensanlæg (ref.)		SOP	0	-3	-2	-4	0	-2	1
1.0 Kloakering med tryksystem		SOP	0	0	0	0	0	0	0
1.2 Pileanlæg		SOP	-2	-3	-1	2	3	-1	3
1.3 Sandfilter		SO	-2	-1	-2	3	2	-3	1
2.2 Urinsortering-Pileanlæg		SOP	-3	-5	-3	2	5	0	5
2.3 Urinsortering-Sandfilter		SO	-3	-3	-3	2	5	-1	5
2.4 Urinsortering-Rodzzoneanlæg		SO	-3	-5	-3	3	5	-1	5
3.2 Samletank-Pileanlæg		SOP	-2	-5	-2	-5	3	0	3
3.3 Samletank-Sandfilter		SOP*	-2	-5	-2	-3	3	-1	3
3.4 Samletank-Rodzzoneanlæg		SOP*	-2	-5	-2	0	3	-1	3

\* ved substitution med fosforfrie vaskemidler i husholdningen.

Tabel 4.6. Rensklasser jfr. Spildevandsbekendtgørelsen (Miljø- og Energiministeriet, 1999).

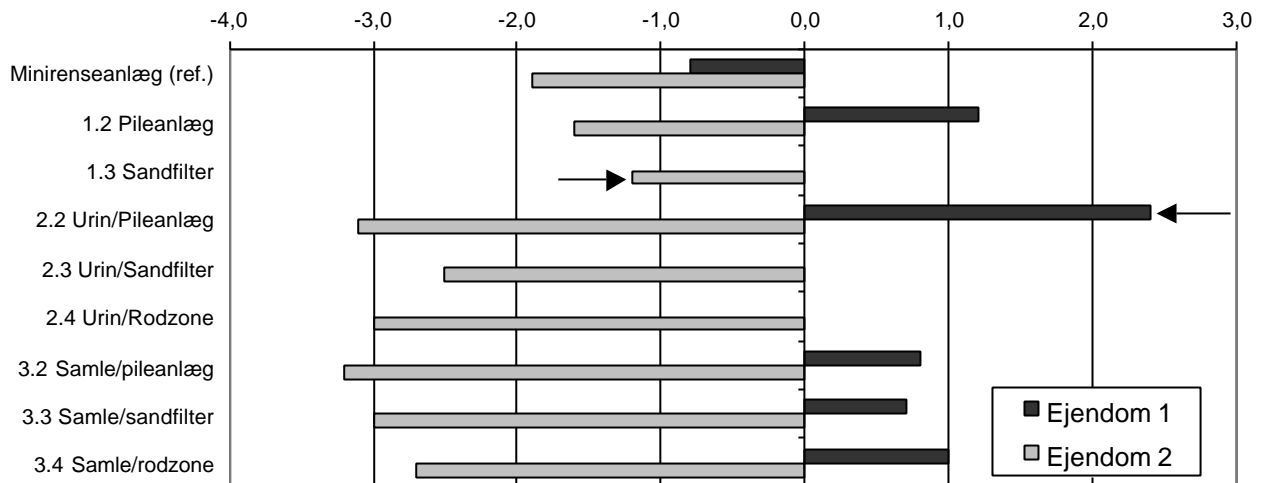
Rensklasse	Forklaring	Stofreduktion i %		
		BOD5	Fosfor	Ammonium-N
O	Reduktion af organisk stof	90	0	0
OP	O + reduktion af fosfor	90	90	0
SO	Skærpet krav til reduktion af organisk stof og ammonium	95	0	90
SOP	SO + skærpet krav til reduktion af fosfor	95	90	90

Der er endvidere gennemført en ejendomsspecifik vurdering, hvor den enkelte grundejers prioritering danner grundlaget for den endelige vurdering og udpegning af den bedste løsning for den pågældende ejendom. De opstillede præferenceprofiler (se afsnit 4.6.1) blev udtrykt kvantitativt (Tabel 4.7), og der blev gennemført en vægtet vurdering for to ejendomme i området for at undersøge, i hvilken grad forskellige holdninger hos beboerne vil påvirke deres valg af løsning. Resultatet af den vægtede vurdering fremgår af Figur 4.6.

Lodsejeren på ejendom 1 vælger (udfra ønsket om en privat løsning) at etablere urinsortering og pileanlæg. Dette skyldes bl.a. at denne lodsejer prioriterer selvforvaltning, robusthed og demonstrationsværdi i løsningen meget højt. Mht. ejendom 2 (lodsejeren ønsker ikke en privat løsning) vælges formentlig en kloakering ved tryksystem eftersom samtlige systemer scorer negativt i forhold til denne reference. Sætter kommunen økonomien i højsædet, vælger den formentlig at etablere et biologisk sandfilter.

Tabel 4.7: Forskellige præferenceprofiler er indikeret ved en prioritering af vurderingskriterierne af beboerne i de 2 ejendomme.

Vurderingskriterier	Ejendom 1 (profil 1)	Ejendom 2 (profil 2)
Hygiejne	0,1	0,3
Drift	0	0,3
Brug	0	0,3
Økonomi	0,1	0,1
Selvforvaltning	0,3	0
Robusthed	0,3	0
Demo	0,2	0
Total	1,0	1,0



Figur 4.6: En illustration af den vægtede total-score ved valg af en given spildevandsløsning for de 2 ejendomme. En løsning med kloakering ved trykssystem svarer til en total vægtet score på 0.

Arbejdet med denne case er dokumenteret i en selvstændig rapport (Smith et al., 2001b), der kan downloades fra projekthjemmesiden.



# 5 Formidling af værktøjer

## 5.1 Projektets web-site på internettet

For at sikre en optimal formidling af projektets resultater er der blevet udarbejdet en hjemmeside på internettet ([www.er.dtu.dk/projects/kloaklose](http://www.er.dtu.dk/projects/kloaklose)), hvor projektets slutprodukter er præsenteret under ét, en slags elektronisk hovedrapport.

Hjemmesiden består af en forside, hvorfra det er muligt at blive sendt til 6 undersider med følgende indhold (se iøvrigt Figur 5.3):

1. Om projektet
2. Vejledning i stedsanalyse
3. Dialogværksted – inspiration til dialog
4. Teknologisk informationsværktøj
5. Casestudier
6. Rapport til Miljøstyrelsen

Der er direkte links mellem de enkelte slutprodukter (via en topbjælke) ligesom det er muligt at hoppe tilbage til forsiden (via link nederst i den venstre menu). Nedenfor beskrives punkterne 2-5 hver for sig. For yderligere detaljer henvises til hjemmesiden.

## 5.2 Vejledning i stedsanalyse

Det overordnede formål med denne vejledning er at støtte udarbejdelsen af en stedsanalyse i forbindelse med konkrete projekter, hvor spildevandsproblemer skal løses. Stedsanalysen skal sikre, at specifikke forhold vedrørende det konkrete sted indgår i opstillingen af løsningsforslag samt i vurderingen af, hvilke løsninger der er egnede på det pågældende sted. Vejledningen er bygget op med følgende afsnit:

- Generelt om planlægning og stedsanalyse
- Tjekliste til stedsanalyse ved nye spildevandsanlæg
- Arbejdsbeskrivelse til tjekliste
- Eksempler på stedsanalyse (*Christiansø og Det åbne land*)
- Planlægning af stedsanalyse
- Metoder til vidensindsamling
- Afslutning
- Referencer og anden litteratur

Det konkrete formål med vejledningen er at guide planlæggere gennem udførelsen af en stedsanalyse, at opfordre erfarne planlæggere til at arbejde bevidst med stedsanalyse og valg af teknologi, samt at inspirere til nytænkning inden for spildevandsplanlægning. Stedsanalysen er udarbejdet til at støtte planlægning af spildevandshåndtering for ejendomme, der står overfor at opgradere deres spildevandssystem, f.eks. i det åbne land eller i kolonihaver, samt nybyggeri, hvor man overvejer alternativer til central spildevandshåndtering.



<p><b>Fysiske forhold:</b>  Areal, bebyggelsestype, topografi m.v.  Jordbunds- og grundvandsforhold  Landskabs- og naturværdier  Brug og vedligeholdelse af udearealer og naturområder</p> <p><b>Miljømæssige forhold:</b>  Mængde og sammensætning af spildevand  Recipenter  Hygiejniske forhold  Arealer til genanvendelse af slam og næringsstoffer  Krav til miljøforbedringer ved nye anlæg</p> <p><b>Spildevandstekniske forhold:</b>  Eksisterende anlæg  Tekniske rammer for nyanlæg</p> <p><b>Relationer til anden infrastruktur:</b>  Slamhåndtering  Affaldshåndtering  Energiforsyning  Vandforsyning</p> <p><b>Økonomiske forhold:</b>  Finansiering  Drift og vedligeholdelse</p> <p><b>Institutionelle elementer:</b>  Lovgivning  Planer og forvaltning  Godkendelse og tilsyn</p> <p><b>Aktørbaserede elementer:</b>  Brugerne  Andre aktører  Viden og organisering</p> <p><b>Overordnede målsætninger:</b>  Miljøpolitik  Agenda 21</p>
---

Figur 5.1: Tjekliste over information, som kan have betydning i en konkret planlægningsituation.

Det bærende element i vejledningen er en *tjekliste* (se Figur 5.1) over forskellige former for information om den konkrete planlægningsituation. Disse informationer er erfaringsmæssigt hensigtsmæssige at råde over for at kunne vurdere, hvilke løsninger der er egnede på netop dette sted. Vejledningen indeholder desuden anvisninger på, hvordan denne information kan tilvejebringes. Figur 5.2 viser eksempler på, hvordan anvisningerne i tjeklisten er opdelt i "hvad" det er der undersøges, "hvorfor" dette bør undersøges og "hvordan" undersøgelsen kan tilrettelægges.

Endelig indeholder vejledningen eksempler på anvendelse af stedsanalyser samt en diskussion af, hvordan stedsanalyse kan indgå i planlægningsprocesser, og hvilke metoder der iøvrigt kan anvendes til vidensindsamling.

Vejledningen er udviklet til at støtte udarbejdelsen af stedsanalyser, der er tilpasset det konkrete behov og ambitionsniveau. Den er ikke tænkt som én færdig opskrift på, hvordan man udarbejder en stedsanalyse. Forskellige lokaliteter og projekter er i sagens natur forskellige, og stedsanalysens rolle i planlægningsprocessen kan også være forskellig: Stedsanalyser kan laves før der skitseres nogle løsninger, med det sigte at udelukke nogle løsninger på forhånd, eller den kan bruges senere i processen til at efterprøve om en given løsning er velegnet i en given sammenhæng.

### Mængde og sammensætning af spildevand

- Hvad:
- Beskrivelse af den spildevandsbelastning som anlægget skal kunne håndtere.
- Hvorfor:
- Mængden af spildevand kan have betydning for hvilke typer anlæg, der kan anvendes.
  - Sammensætningen af spildevandet har sammen med renskravene for recipienterne betydning for hvilke typer anlæg, der kan anvendes.
- Hvordan:
- Mængden og sammensætningen af spildevandet kan fremgå af den kommunale spildevandsplan.
  - Kendes mængderne ikke, må man regne sig frem til dem på baggrund af oplysninger om antal beboere, anvendelsen af boligen, regnvandsstilledning og eventuelle virksomheder.
  - Antallet af beboere vil typisk kunne findes i den kommunale befolkningsprognose.
  - Til beregning af spildevandets sammensætning kan det *Teknologiske informationsværktøj* anvendes.
  - Ønsker man at undersøge spildevandets sammensætning, kan man bede et laboratorium om at analysere en prøve af spildevandet for de ønskede parametre. Man kan, teoretisk set, også udspørge beboerne om deres brug af sæbe, vaskepulver, medicin m.m. Det sidste stiller store krav til information om indholdet af stoffer i de anvendte produkter. Denne fremgangsmåde forsøges anvendt i projektet 'Undersøgelse af lokal håndtering af gråt spildevand' under aktionsplanens tema 4.

### Brugerne

- Hvad:
- Beskrivelse af hvilke brugere anlægget skal betjene, hvilke teknologiske præferencer disse brugere har, og hvilken beslutningskompetence de har.
- Hvorfor:
- Brugernes livsstil og teknologiske præferencer har betydning for hvilke kvaliteter ved anlægget, de vil foretrække.
  - Af hensyn til beslutningsprocessen er det vigtigt at få afklaret, hvem der har hvilken beslutningskompetence. Især hvis brugerne ikke har den endelige beslutningskompetence.
- Hvordan:
- Dialogværksteder, spørgeskemaundersøgelser eller interviews kan bruges til at kortlægge antallet af brugere og til at afdække aktørernes præferencer (jfr. *Dialogværksted – inspiration til dialog*).

Figur 5.2. To eksempler på uddybningen af tjeklisterens elementer, hhv. "Mængder og sammensætning af spildevand" under kategorien "Miljømæssige forhold" og "Brugerne" under kategorien "Aktørbaserede elementer", jf. Figur 5.1.

Stedsanalyser kan også laves for områder af forskellig størrelse, hvor detaljeringsgraden kan stige jo mindre områder, der søges beskrevet. Endelig kan stedsanalyser bruges som grundlag for at iværksætte debat om det pågældende sted og dets udvikling. Således kan præferencer og givne opfattelser ændres i processen.

De primære brugere af vejledningen er kommunale spildevandsplanlæggere og deres rådgivere. Desuden kan NGO'er, beboere m.fl. også have glæde af at læse vejledningen, for bedre at kunne deltage i spildevandsplanlægningen for deres område. Tankegangen bag stedsanalysen er universel, i den forstand at det også er vigtigt at tage udgangspunkt i de lokale betingelser inden for andre sektorer som f.eks. affaldshåndtering, naturpleje, bygningsbevarelse, fredning m.m. Derfor kan interessen for vejledningen være bredere end den gruppe brugere, som den i første omgang er skrevet til.

Vejledningen er ikke en lærebog i etablering af spildevandsanlæg eller udarbejdelse af spildevandsplaner. For tekniske informationer om forskellige spildevandsløsninger og deres komponenter henvises der ligeledes til TEKINFO ([www.tekinfo.dk](http://www.tekinfo.dk)), det web-baserede informationsværktøj.

### 5.3 Dialogværksteder – inspiration til dialog

Dialogværksteder kan skabe rammer for en frugtbar og struktureret dialog mellem de forskellige aktører, når etablering af kommende spildevandsanlæg skal diskuteres, eller der skal ske ændringer på anden vis. Dialogværkstedet skal sikre, at centrale aktører inddrages således at den viden og de opfattelser

og ønsker, som aktørerne ligger inde med, kommer med i vurderingen af de kommende løsninger på spildevandsproblemet. Samtidig kan værkstedet kvalificere deltagerne og skabe dialog som et grundlag for det videre samarbejde.

Man kan bruge dialogværksteder i mange forskellige sammenhænge - i helhedsorienteret byfornyelse, i byplanlægning, i udvikling af ældrepolitik, til at styrke det sociale liv i lokalområdet, til organisationsudvikling på arbejdspladsen eller i institutionen etc. Værkstederne kan være en fin indgang både til diskussion af helt nye løsninger og ved omstilling af de eksisterende løsninger.

Mange forskellige aktører er mere eller mindre involveret direkte i planlægningen og håndteringen af spildevand i Danmark. I den nuværende praksis er der en skarp opdeling mellem brugere på den ene side og beslutningstagere og eksperter på den anden. Den mest almindelige kommunikation foregår ved information fra eksperter til brugerne og 'klager' over fejl fra brugere til eksperter. Denne opdeling er nok mindre udtalt i det åbne land, hvor der er tradition for, at brugerne i højere grad selv håndterer dele af infrastrukturen som for eksempel deres eget spildevand.

Den skarpe rollefordeling er ikke hensigtsmæssig i forhold til decentrale anlæg, der ofte er sårbare overfor misbrug eller forkert drift. For eksempel vil de biologiske processer i et mindre anlæg være sårbare overfor klor, rengøringsmidler, stoffer til hårfarve, fedt eller store udsving i antallet af brugere. Brugere og deres kendskab og ansvar for anlægget er derfor afgørende.

Der er i forbindelse med projektet blevet udarbejdet et notat, der kan inspirere til afholdelse af dialogværksteder. Notatet fokuserer på spildevandshåndtering i det åbne land og i kloakløse bebyggelser og er bygget op med følgende afsnit:

- Planlæg gennem dialog
- Dialog og dialogværksteder?
- Eksempler på dialogværksteder
- Perspektiver og faldgruber
- Hvordan dialogværksteder?
- Planlægning af dialogværksteder
- Baggrund for særlig interesserede

Dialogværksteder sætter fokus på dialogen som et væsentligt input til beslutningsprocessen og skaber konkrete rammer for at borgere, driftsfolk, teknikere og politikere mødes i en ligeværdig dialog, hvor de kan udveksle opfattelser, diskutere værdier og kriterier og skabe grundlag for beslutninger. Desuden kan dialogværksteder fremme lokale læreprocesser, hvor aktørerne kan udvikle fælles ideer, øge deres viden og reflektere og udvikle deres opfattelser.

Bemærk at dialogværkstederne ikke er et forum for at tage endelige beslutninger, men at de giver værdifulde input til beslutningerne – skaber et grundlag for beslutningerne – hvad enten disse tages af amtslige, kommunale eller lokale aktører. Værkstederne kan ses som et redskab til at afdække de forskellige aktørers holdninger, prioriteringer af værdier, visioner om den fremtidige spildevandshåndtering m.m. Værkstederne kan også være med til at skabe konsensus om vurderingskriterier eller løsningsmuligheder.

Vejledningen rummer eksempler fra tre vidt forskellige dialogværksteder: Et værksted med borgere i det åbne land, et værksted med interessenter i en

økoby og endeligt et værksted for 'eksperter' i spildevandsplanlægning. De tre eksempler er med til at illustrere spændvidden i værkstedmetoden.

Værkstederne kræver en grundig forberedelse, de væsentligste elementer i denne forberedelse er forsøgt beskrevet i vejledningen, herunder i en tjekliste. Det er vigtigt, at man fra initiativtagernes side gør sig klart, at deltagerne i værkstedet er en af de faktorer, der er afgørende for, om det bliver en succes. Deltagerne skal udvælges med omhu og det skal sikres, at de rent faktisk deltager aktivt i værkstedet. Det er vigtigt, at deltagerne har 'et åbent sind'. Hvis der er mange personer med meget fastlåste meninger til stede er der risiko for, at værkstedet ikke giver noget udbytte.

Man vil ofte veksle mellem faser i værkstedet, hvor deltagerne arbejder enkeltvis, faser hvor deltagerne arbejder i grupper, og plenum. Et afgørende moment er de spilleregler for dialog, som er gengivet i vejledningen. Disse er med til at sikre, at alle deltagernes synspunkter kommer frem. En dygtig værkstedsledelse vil gennem spillereglerne kunne få udnyttet deltagernes potentiale mest muligt. Også i forhold til dialogværksteders ledelse har erfaring stor betydning. Derfor anbefaler vejledningen, at de lokale initiativtagere kontakter en erfaren værkstedsleder, der kan deltage i planlægningen. Dialogværkstedet er en meget fleksibel arbejdsform, og blot nogle af teknikkerne herfra kan medvirke til et stort løft af traditionelle borgermøder. Da spillereglerne i dialogværksteder ligner spillereglerne i "fremtidsværksteder" meget, kan erfaringerne fra fremtidsværksteder også bruges i forhold til dialogværksteder.

Dialogværksteder kan som al anden borgerinddragelse misbruges til at legitimere beslutninger. En af de faldgruber, man ofte kan falde i, er manglende opfølgning på værkstedet. På et værksted kan man nå mange og store resultater. Det er vigtigt at disse resultater anvendes i den videre proces. Som regel vil man have brug for en efterfølgende løbende dialog med deltagerne i en kommunikativ planlægningsproces.

Skiftet fra en mere rationalistisk planlægningstradition til en mere kommunikativ planlægning gælder langt fra kun det spildevandstekniske område i Danmark. Diskussionen af nye former for planlægning og nye planlæggerroller føres i det meste af Europa, blandt andet i forbindelse med planlægningen af en bæredygtig udvikling, herunder lokal Agenda 21 arbejdet. Der har da også allerede nu været en bred interesse for vejledningen. Baggrunden for udviklingen af dialogværkstedet som metode er beskrevet i et særligt afsnit i vejledningen, der også beskriver planlæggerens nye rolle.

Fremtidens planlægger får en afgørende rolle som formidler af dialog. De nye opgaver kan opsummeres som:

- At identificere og støtte netværk og nye fora og dermed styrke såvel den enkelte aktør, som muligheden for at nå fælles mål
- At være fødselshjælper for nye initiativer og perspektiver
- At skabe dialog og samarbejde mellem meget forskellige aktører med forskellige mål, organiseringer, ressourcer og arbejdsmåder
- At forankre initiativer og samarbejder for eksempel i nye organiseringer eller læreprocesser
- At være kritisk ven og insistere på professionalismisme og kvalitet i dialogen.

Det svære består i at balancere mellem rollen som 'mikrofonholder' og rollen som den bedrevidende ekspert, der prioriterer egne løsninger. Vi taler om den kritiske ven - der på en gang kan være loyal overfor de lokale aktører og støtte deres arbejde og samtidig kan træde et skridt tilbage og stille de kritiske spørgsmål, der kan sikre kvalitet i arbejdet.

Håbet er, at vejledningen kan inspirere den ny tids planlæggere til at gennemføre planlægningen af håndtering af spildevand i en tæt dialog med de relevante aktører, ikke mindst de kommende brugere af anlægget. Vejledningen vil endvidere være en god støtte ved planlægning og gennemførelse af dialogværksteder.

#### 5.4 Teknologisk informationsværktøj

Der er i projektet arbejdet på at udvikle et teknologisk informationsværktøj (kaldet *TEKINFO*), der sigter på at give et samlet overblik over de teknologiske muligheder og en systematisk indføring i systemernes funktion.

Håndteringssystemerne i *TEKINFO* vil omfatte teknologier, der kan anvendes til håndtering af fast organisk køkkenaffald, urin og fækalier samt det grå spildevand fra køkken, bad og vask. Fækalie- og urindelen kan indeholde skyllevand eller opsamles tørt i et komposttoilet med eller uden urinopsamling. Lovgivningen er i dag indrettet på konventionel spildevandshåndtering, og det vil i nogle tilfælde være nødvendigt at ændre på den gældende lovgivning for at indføre alternative teknologier. Dette kræver typisk omfattende vurderinger af de sundhedsmæssige konsekvenser, hvilket ikke er gennemført i dette projekt. Ved udvælgelse af løsninger, der er medtaget i *TEKINFO*, er der derfor ikke taget hensyn til, om de behandlede affaldsprodukter opfylder den gældende lovgivning, da værktøjet bl.a. beskriver løsningernes potentialer med henblik på at tegne perspektiver for fremtiden.

Håndteringssystemet i sin helhed omfatter både opsamling, transport, behandling og bortskaffelse af spildevand og relateret affald. Systemafgrænsningen i *TEKINFO* (arbejdsfeltet) er lagt, så det kun omfatter den del af håndteringssystemet, som ligger indenfor eller i umiddelbar nærhed af det lokale sted, og som er mest relevant i en lokal sammenhæng.

Den grundlæggende information er lagret i en elektronisk database og formidles som internet-baserede datablade. Informationsværktøjet skal levere informationen, der kan være med til at danne grundlag for beslutninger som tages af brugere, bygherrer, rådgivere, grønne organisationer, amter og kommuner. Værktøjet indeholder ved projektets afslutning kun information om nogle få løsninger, der er blevet arbejdet med i projektet, og det skal i den nuværende form ikke opfattes som et fyldestgørende katalog. Der vil dog efterfølgende blive arbejdet på at videreudvikle dette værktøj og indlægge mere information. I udviklingen af informationsværktøjet er der sigtet på at det skal kunne opfylde følgende krav:

- Værktøjet beskriver og kvantificerer de tekniske parametre, der skal anvendes som beregningsgrundlag for en vurdering og prioritering, herunder fjernelsen af suspenderet stof, organisk stof og næringsalte, samt giver et økonomisk overslag ved anlæg og drift. Ligeledes gives der, hvor muligt, information vedr. de øvrige vurderingskriterier, der er opstillet i projektet.

- Værktøjet er baseret på en beskrivelse af komponenter, der anvendes til opstilling af hhv. processer og systemer (se afsnit 5.4.1). Det er ikke et designværktøj, så det er kun muligt at vælge foruddefinerede systemer.
- For at lette brugen af informationsværktøjet, er der mere end én indgang til at søge informationer om komponenter. I selve kataloget struktureres denne information efter komponenternes funktion og med en alfabetisk opdeling.

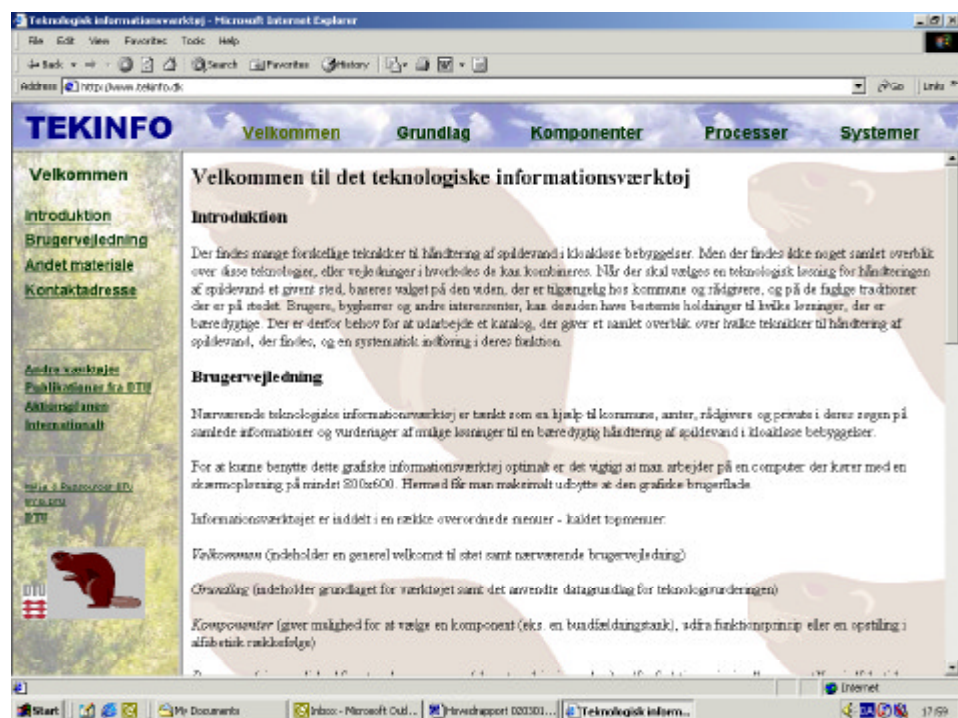
#### 5.4.1 Informationsværktøjets opbygning

Figur 5.3 viser en indgangsbilledet for TEKINFO. Informationsværktøjet er inddelt i en række overordnede punkter placeret i en topmenu.

*Velkommen* indeholder en generel velkomst til sitet samt en brugervejledning, og *grundlag* beskriver grundlaget for værktøjet samt det anvendte datagrundlag for teknologivurderingen.

*Komponenter* giver mulighed for at vælge en komponent (f.eks. et rodzonebassin), ud fra en opstilling af komponenter i alfabetisk rækkefølge eller inddelt i grupper efter de fysiske principper for funktion (se Figur 5.6). Når en komponent er valgt, åbner en ny side op med information om den pågældende komponent efter følgende struktur:

- Beskrivelse
- Massebalancer
- Miljøbelastning og ressourceforbrug
- Økonomi
- Hygiejne og sikkerhed
- Drift og vedligehold
- Brug og rengøring
- Lokal udvikling
- Robusthed og fleksibilitet



Figur 5.3. Indgangsbilledet til TEKINFO ([www.tekinfo.dk](http://www.tekinfo.dk)).

Opsamling	Transport/lagring	Behandling	Bortskaffelse
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toilet</li> <li>• Bad</li> <li>• Håndvask</li> <li>• Køkkenvask</li> <li>• Vaskemaskine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transport <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rør</li> <li>- Lastbil</li> <li>- Jord</li> </ul> </li> <li>• Lagring</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Separation</li> <li>• Neddeling</li> <li>• Blanding</li> <li>• Reaktion</li> <li>• Omsætning</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spredning</li> <li>• Deponering</li> <li>• Genanvendelse</li> </ul>

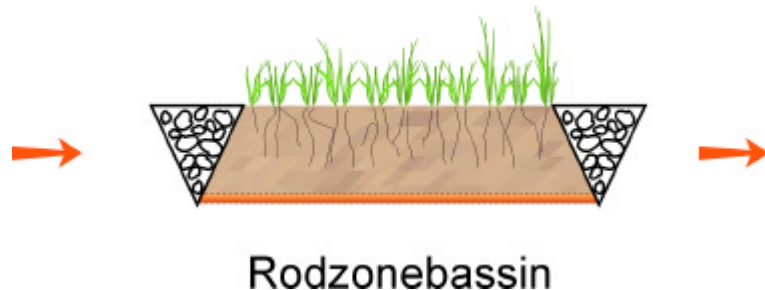
Figur 5.4: Inddeling af komponenterne efter fysisk princip for funktion.

*Processer* (giver mulighed for at vælge en proces (f.eks. et biologisk sandfilter), ud fra funktionsprincip eller en opstilling i alfabetisk rækkefølge). En proces er en kombination af komponenter således at én spildevandstrøm kan håndteres fra opsamling til bortskaffelse. Beskrivelserne af procesdiagrammerne, omfatter bl.a.: relationer mellem indgående komponenter, massebalance for stoffer (indløb og emissioner på flydende form, fast form og gasform), energiforbrug, potentiale for recirkulering af næringsstoffer og økonomi.

*Systemer* (giver mulighed for at vælge et system). Et system er en kombination af processer, der muliggør at alle spildevandsstrømme fra en husholdning kan håndteres fra opsamling til bortskaffelse. Dette punkt vil som udgangspunkt ikke blive medtaget i den første version af TEKINFO, der færdiggøres indenfor rammerne af dette projekt, men et eksempel er medtaget nedenfor for at illustrere perspektivet.

#### 5.4.2 Eksempler på komponenter, proces- og systemdiagrammer

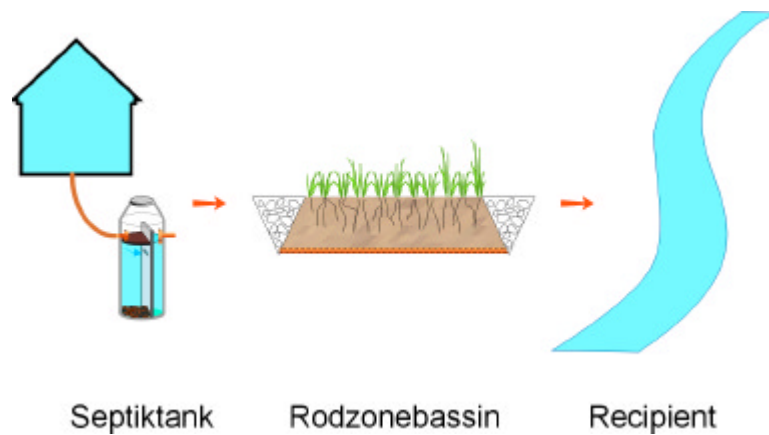
Enhver håndtering af affald er opbygget af en række komponenter, såsom samletanke, tankvogne, biogasreaktore, lagertanke osv. Et eksempel på en komponent kan ses på Figur 5.5.



Figur 5.5: Eksempel på komponenten "Rodzonebassin"

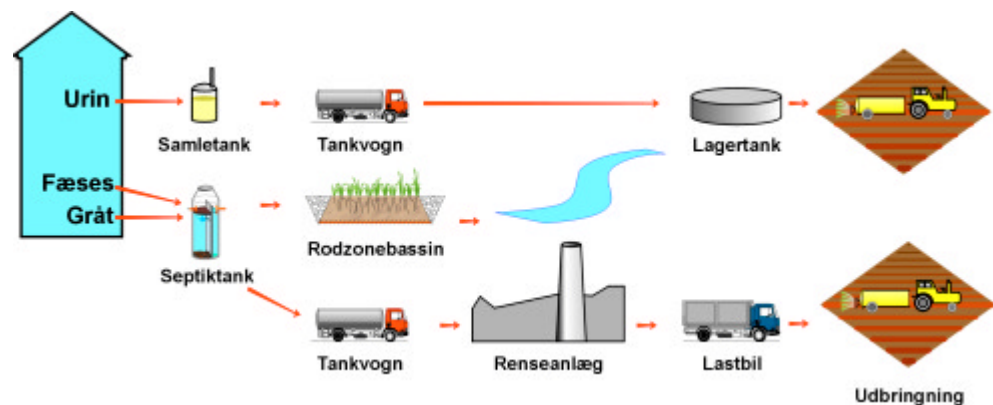
De enkelte komponenter kan sammensættes til et procesdiagram, der beskriver håndteringen af en given stofstrøm. Et eksempel er håndteringen af husholdningsspildevand i et rodzoneanlæg som vist på Figur 5.6. Urin samt fæces og gråt spildevand håndteres i dette tilfælde samlet. Det bemærkes, at spildevandet først skal gennem en septiktank, inden det ledes til rodzonebassinet. Septiktanken kan i øvrigt i lighed med de øvrige komponenter findes som selvstændig komponent i TEKINFO.

Et systemdiagram redegør for håndteringen af flere stofstrømme under ét, dvs. det samler parallelle processer for håndtering af urin, fækalier, gråt spildevand og fast organisk køkkenaffald. Som et eksempel håndteres spildevandet på Figur 5.7 i to delprocesser.



Figur 5.6: Procesdiagram for håndteringen af husholdningsspildevand i et rodzoneanlæg. (Et rodzonebassin er en komponent i et rodzoneanlæg, som også indeholder andre komponenter).

Urinen opsamles i en samletank og køres bort med en tankvogn for opbevaring i en lagertank og efterfølgende markudspredning. Fæces og gråt spildevand ledes samlet til en septiktank. Slammet fra septiktanken transporteres med tankvogn til et renseanlæg, og det efterbehandlede slam markudspredes. Efter septiktanken ledes spildevandet til et rodzonebassin, hvorefter det udledes til en recipient. Denne delproces (den midterste på Figur 5.) svarer til processen, der er vist på Figur 5..



Figur 5.7: Systemdiagram for håndtering af urin samt fæces og gråt spildevand.

Detaljeringsgraden af oplysningerne i TEKINFO er tilstrækkelig til at give et overblik over de enkelte komponenter og processer samt de oplysninger, der er nødvendige for en indbyrdes vurdering af håndteringsløsninger. For overskuelighedens skyld er det muligt at få oplysninger om processer i de enkelte komponenter og om stofstrømme mellem komponenter ved at klikke på hhv. komponenter og stofstrømme på proces- og systemdiagrammerne.

Ovenstående struktur for det teknologiske informationsværktøj og løsningen med en databasebaseret hjemmeside er valgt for at sikre at informationer vedr. de enkelte komponenter/processer/systemer nemt kan opdateres i takt med at vidensniveauet øges i de kommende år.





# 6 Opsamling og perspektivering

## 6.1 Opsamling fra casestudierne

Casestudier har været en central del af projektet. Her er metoderne blevet afprøvet og videreudviklet. Hovedresultaterne fra casestudierne gennemgås her som en indledning til den egentlige diskussion.

### *Munkesøgård*

Munkesøgård illustrerer en vigtig planlægningssituation, hvor arbejdsmetoden skal kunne anvendes. Casen har bidraget til delelementer af en stedsanalyse og en afprøvning af dialogværksteder som metode til dialog. De kommende beboere har under dialogværkstedet opstillet en række ønsker og krav, der har fungeret som udgangspunkt for projektets diskussion af vurderingskriterier. Multikriterievurderingen er her blevet afprøvet som en interessant mulighed for at afveje fordele og ulemper ved forskellige løsninger og dermed skabe en sammenligningsgrundlag.

### *Hvissinge Vest*

Hvissinge Vest casen har tjent som en første afprøvning i praksis af principperne i arbejdsmetoden. Afprøvningen har været en succes. Arbejdet med at gennemføre vurderinger har været overskueligt, og de beslutninger, der er truffet er velargumenterede og truffet på et gennemskueligt og oplyst grundlag. Casen viser, at den anvendte arbejdsmetode har en bredere relevans end kun i forhold til spildevand. Caserapporten indeholder forslag til udvikling af vurderingsmetoden og dens delelementer på baggrund af erfaringerne fra Hvissinge Vest.

### *Kolonihaver*

Kolonihave casen har i forbindelse med installation af et stort antal kildesorteringende toiletsystemer givet indsigt med brugernes vurdering af forhold som installation, brug, rengøring og tømning. Til gengæld blev afprøvning og demonstration af anvendelse af uring som gødningsmiddel i kolonihaver først udsendt og siden umuliggjort på grund af en meget vanskelig myndighedsbehandling. Analyser af den opsamlede urin viste dog, at urinen indeholder lave koncentrationer af tungmetaller og organiske miljøfremmede stoffer. Erfaringerne fra denne case viser endvidere, at regulering af spildevand med udgangspunkt i renskrav bremser for brugen af kildesorterede toilet-systemer.

### *Christiansø*

Christiansø repræsenterer en meget atypisk planlægningssituation. Opstilling, udvælgelse og vurdering af alternative spildevandsløsninger på Christiansø tager udgangspunkt i de lokale forhold på øen – en illustration af at gennemførelsen af en detaljeret stedsanalyse kan være et særdeles værdifuldt og nødvendigt redskab. I casen er dialogværktøjer ikke blevet taget i brug, da man har skønnet, at en detaljeret dialog med beboerne på Christiansø ikke var nødvendig for at kunne opstille og vurdere forskellige spildevandssystemer.

### *Det åbne land*

Udgangspunktet for projektet har været et mål om at udvikle en planlægnings- og vurderingsmetode til løsning af spildevandsproblemer i områder uden kloakering i traditionel forstand. Derfor er casen vedr. vurdering af spildevandsløsninger i det åbne land en meget central case. Projektet i Hillerød kommune har demonstreret, at lodsejerne med succes kan inddrages i en diskussion af spildevandsløsninger i det åbne land. Borgerinddragelsen forudsætter en grundig kortlægning af muligheder og begrænsninger (stedsanalyse) og en fordomsfri vurdering af en bred vifte af mulige spildevandsløsninger. Den i casen skitserede planlægningssituation, eksemplificeret ved delområder af Hillerød kommune, er identisk med den forestående regulering af et stort antal ejendomme i det åbne land i Danmark. De resultater der er afrapporteret i denne case kan umiddelbart anvendes som et grundlag for den spildevandsregulering som kommuner og amter er ved at gennemføre for det åbne land.

### 6.2 Relation til andre initiativer på området

Projektet har fungeret i at godt samspil med andre projekter inden for Aktionsplanens tema 1, tema 2 og tema 3. Arbejdet med dialogværksteder har for eksempel inspireret projekter under tema 2 og 3. Projektet her har også i vid udstrækning kunne anvende resultater fra de øvrige projekter under Aktionsplanen, for eksempel bygger en del af oplysningerne og vurderingerne i det teknologiske informationsværktøj på arbejdet i andre projekter under Aktionsplanen. Vi har i projektet konstateret, at der er et stort behov for at få en systematiseret opsamling på erfaringerne med alternativ spildevandshåndtering. I forhold til, hvor meget viden, der findes tilgængelig vedrørende centrale spildevandsrensningsanlæg, er den tilgængelige viden om de små alternative anlæg ganske sparsom. Der er både behov for at få en overordnet forståelse for samspillet mellem de enkelte elementer i disse anlæg, og behov for at indsamle data om rensegrader m.m. Flere af teknologierne er under fortsat udvikling, og en modning af flere teknologier har kunnet konstateres i løbet af projektperioden.

Forskningsområdet er meget aktuelt, også internationalt. Det kan blandt andet illustreres ved den store opmærksomhed, der er blevet internationale præsentationer af delresultater fra projektet til del. Dette har givet anledning til artikler i internationalt anerkendte forskningstidsskrifter, oplæg ved internationale konferencer m.v. Desuden har projektdeltagerne medvirket ved etablering af en international specialistgruppe vedr. bæredygtig spildevandshåndtering (eng: sustainable sanitation) under International Water Association (IWA).

### 6.3 Lovgivningsmæssige barrierer

Det er i projektet konstateret, at den eksisterende lovgivning til dels er en barriere for udførelse af forsøg med alternativ spildevandshåndtering, i dette tilfælde metoder til urin- og fækaliehåndtering i decentrale løsninger. Det er der en naturlig grund til, for lovgivning såvel som håndteringssystemer har – hidtil med stor succes – været indrettet på at forhindre, at mennesker kommer i kontakt med spildevand og derved bliver syge (se også afsnit 2.3). Det er fortsat meget væsentligt at begrænse de sundhedsmæssige risici ved spildevandshåndtering. I princippet vil de fleste former for alternativ decentral spildevandshåndtering imidlertid medføre en øget sandsynlighed for infektion af mennesker – specielt hvis der er tale om uafprøvede forsøgsanlæg. Udfordringen består derfor i at sikre, at den forøgede sundhedsmæssige risiko er så lille, at den kan accepteres på grund af de andre fordele, der kan opnås ved en

alternativ spildevandshåndtering. Sådanne afvejninger er ikke lette at gennemføre indenfor rammerne af en lovgivning, der er baseret på faste regler for at hindre, at mennesker kommer i kontakt med spildevand.

Sundhedsrisikoen ved alternativ spildevandshåndtering må også ses i forhold til andre risici af lignende art, som i dag accepteres. For eksempel er det tankevækkende, at lovgivningen vedrørende håndtering af affald/spildevand, der potentielt kan indeholde sygdomskim, er meget forskellig for landbrug og husholdninger: I dag tillades udspreddning af gylle på landbrugsarealer, selvom et meget stort antal mennesker potentielt udsættes for smitte, mens udspreddning af humanurin kun tillades efter en i praksis kompliceret og urealistisk dyr forbehandling, selv om det kun er et meget begrænset antal mennesker, der potentielt udsættes for smitte. Kolonihaver er et typisk eksempel, hvor risikoen kan begrænses på grund af det lille antal mennesker, der reelt vil blive udsat for smitte, og hvor kolonihavens ejer endvidere har mulighed for selv at begrænse risikoen via sin omgang med urinen.

Det kan ikke anbefales ukritisk at fremme større udbredelse af alternative former for spildevandshåndtering, før de er gennemtestet i forsøg. På den anden side må det også konstateres, at en enklere adgang til dispensation i forbindelse med kontrollerede forsøg med alternativ spildevandshåndtering er nødvendig for den videre udvikling – ellers forbliver situationen fastlåst.

#### 6.4 Perspektiver for det videre arbejde

Projektet har givet en række resultater, men har samtidigt sat fokus på en række væsentlige spørgsmål:

*Hvor detaljerede kriterier skal man arbejde med?*

Der er opstillet 8 grundlæggende kriterier i projektet:

- Ressourceforbrug og miljøbelastning
- Hygiejne og sikkerhed
- Drift og vedligeholdelse
- Brug og renholdning
- Økonomi
- Selvforvaltning
- Robusthed
- Demonstrationsværdi

Disse kriterier har dannet grundlag for arbejdet med vurderinger i de fleste af casestudierne. Sandsynligvis kunne anvendelsen af multikriterievurdering videreudvikles gennem en yderligere opsplittning af de otte kriterier. Der er arbejdet en hel del med et mere detaljeret kriterietræ, men færdigudviklingen af dette kræver mange ressourcer og en afprøvning i flere casestudier.

Et særligt problem er knyttet til værdisætning af kriterierne, der i mange tilfælde har været nødvendige at gennemføre som ekspertvurderinger. Man kunne i forbindelse med vurderingen af ”miljøbelastning og ressourceforbrug” i højere grad inddrage livscyklusvurderinger eller andre metoder til miljøsystemanalyse - men også dette kræver mange ressourcer og afprøvning i flere casestudier. Det er nok mere realistisk at forestille sig sådanne værktøjer anvendt i forbindelse med generelle studier eller f.eks. i forbindelse med typegodkendelsesordninger. ”Økonomi” kriteriet er forholdsvis let at kvantificere, men der er et stort behov for at udvikle metoder til at gennemføre

begrænsede risikovurderinger af de sundhedsmæssige aspekter af alternative metoder til spildevandshåndtering, så kriteriet ”hygiejne og sikkerhed” kan værdisættes mere kvalificeret, end det har været muligt i dette projekt. Endvidere er der behov for at øge kendskabet til de forskellige alternative teknologier, så der bliver et bedre grundlag for at kvalificere kriterier som ”drift og vedligeholdelse” og ”brug og renholdning”. Kriterierne ”selvforvaltning” og ”demonstrationsværdi” kan på nuværende tidspunkt bedst kvalificeres ved at benytte dialogbaserede arbejdsmetoder som f.eks. dialogværksteder, men der er god mulighed for at kvalificere kriteriet ”robusthed” ved scenarieanalyser, hvor alternative teknologier tænkes ind i forskellige bud på en fremtidig udvikling.

#### *Hvordan vægter man forskellige kriterier mod hinanden?*

Hvordan vægter man for eksempel økonomi, sundhed og ressourceforbrug mod hinanden? Projektet har gjort det klart, at forskellige aktører har vidt forskellige opfattelser af, hvordan de forskellige kriterier skal vægtes. Det er samtidigt blevet illustreret, at det er yderst væsentligt, at vægtningen fremstår som en gennemskuelig proces, hvis den samlede vurdering skal fremstå som resultatet af en demokratisk, dialogbaseret proces. Samtidigt er det også klart, at det endelige valg af løsning godt kan være uafhængigt af resultatet af selve multikriterievurderingen. Denne betragter vi som et middel til både at afklare præferencer og – ikke mindst – et middel til at understøtte dialogen om, hvilke værdier, der skal ligge til grund for det endelige valg af løsning. Vi betragter det ikke som en fejl, hvis aktørerne på baggrund af en gennemskuelig proces og en god dialog vælger en anden løsning end den, multikriterievurderingen umiddelbart peger i retning af. Dialogen er ikke kun relevant i forhold til den konkrete beslutning, men den kan også være fundamentet for et perspektivrigt samarbejde mellem aktørerne i fremtiden. Der er et åbenlyst behov for at videreudvikle denne måde at arbejde med multikriterie vurdering på – det vil også være relevant for en række andre sektorer.

Endelig bør det nævnes, at multikriteriemetoden er et redskab, der er under fortsat udvikling. Den bliver anvendt i forhold til mange andre typer af beslutninger. Derfor kan det vise sig relevant at følge udviklingen af metoden – og beslutningsteori mere generelt – for til stadighed at kunne forbedre værktøjet til beslutning vedrørende spildevandsløsninger.

#### *Hvordan får man inddraget alle de relevante aktører?*

Dialogen mellem de relevante aktører er en grundsten i den arbejdsmetode, der er udviklet i projektet. Aktørerne har stor betydning for valget af løsning. Det rejser imidlertid spørgsmålet om, hvordan man får inddraget alle de relevante aktører. Hvordan får man for eksempel inddraget de borgergrupper, der ikke er interesserede i at forholde sig til teknologiske løsninger? Det er både en problemstilling, det er relevant at arbejde videre med specielt med fokus på spildevandshåndtering, og samtidigt et generelt samfundsmæssigt problem.

#### *Hvordan arbejder man med de nye roller og relationer mellem aktørerne?*

Den eksisterende måde at arbejde med planlægning af spildevandsanlæg kan opfattes som en barriere for indførelse af alternative løsninger. Tilsvarende er de forskellige aktørers opfattelse af egne og andres roller ofte en hindring for etablering af samarbejde. En øget dialog, også om andre emner, kunne være vejen frem – men hvordan får man brudt isen? Der er et behov for mere systematisk at få belyst forskellige aktørgruppers syn på sig selv og hinanden, samt at få udviklet metoder til at få ændret relationerne mellem aktører.

### *Hvordan sammenligner man teknologier på forskellige udviklingstrin?*

I valget mellem forskellige teknologier arbejdes der ofte med nogle teknologier, der er færdigudviklede, og andre der endnu ikke er færdigudviklede. Det er et åbent spørgsmål, hvordan man mest hensigtsmæssigt håndterer dette i vurderingen. Vi har inkluderet demonstrationsværdi som et kriterie, så der er mulighed for at vægte ikke færdigudviklede teknologier positivt i vurderingen.

### *Hvordan fremtidssikrer man løsningerne?*

I projektet har vi arbejdet med løsninger, der er optimale ud fra de nuværende forudsætninger og ladet 'robusthed' indgå som et af kriterierne i vurderingen. Man kan imidlertid stille sig spørgsmålet: hvordan får man etableret løsninger som er optimale både nu, og som også er anvendelige i eventuelle nye sammenhænge? Hvad er en robust og/eller fleksibel løsning? En måde at arbejde med det problem på kunne være at udvikle en række scenarier. Disse scenarier kunne indeholde både kvalitative og kvantitative aspekter. De kunne både anvendes i mere ekspertbaserede scenarieanalyser og i dialogbaserede scenarieværksteder. Det er en dimension, der ikke har været plads til at arbejde indgående med i dette projekt, men det er et oplagt emne til videreudvikling.

### *Hvordan lærer vi af erfaringerne?*

Der foregår, har vi kunnet konstatere i projektet, ikke i dag en systematisk erfaringsopsamling på en række væsentlige punkter. Vi har tidligere været inde på behovet for en systematisk indsamling af data om alternative spildevandsanlæg. Et andet område, der kan konstateres et klart behov for at indsamle og udveksle erfaringer inden for, er selve planlægningsprocessen. En løbende opfølgning kunne være et led i udviklingen af planlægningsmetoderne.



## 7 Konklusion

Som led i projektet er der udviklet en metode til systematisk og sammenhængende planlægning og vurdering af systemer til bæredygtig håndtering af spildevand. Den grundige planlægning åbner den "sorte box", der ofte skjuler beslutningsprocessen. Dette er nødvendigt, når der ikke kun er én rigtig løsning, og når flere forskellige aktører skal have indsigt i vurderingen af forskellige mulige løsninger. Tankegangen i projektet forener den traditionelle teknikorienterede spildevandsplanlægning med en tilgang orienteret mod borgerdeltagelse.

*Den optimale løsning for håndtering af spildevand varierer fra sted til sted.*  
Projektet har i høj grad været med til at belyse, at den optimale løsning for håndtering af spildevand varierer fra sted til sted. De lokale forudsætninger varierer, ikke kun hvad angår det fysiske miljø, men også i forhold til brugernes ressourcer og prioriteringer. Der er i projektet udviklet et redskab til systematisk stedsanalyse. Man skal imidlertid være opmærksom på, at også stedsanalysen er stedsafhængig – og at det derfor ikke er muligt at udarbejde en fuldstændig, universel analysemetode. Stedsspecifik planlægning er også relevant for mange andre områder i samfundet, og det udviklede værktøj kan derfor anvendes bredere end blot indenfor spildevandsplanlægning.

*Det er relevant og muligt at gennemføre planlægningsprocesser, der inddrager brugerne*

Projektet har klart vist, at der er et behov for, at brugerne bliver inddraget i planlægningsprocessen. Der er som et led i projektet udviklet et værktøj – dialogværkstedet – til inddragelse af interessegrupper i beslutninger om alternativ miljøteknologi. Der har været stor interesse for værktøjet, både blandt de involverede parter og det internationale forskermiljø. Det har vist sig frugtbart for dialogen, at processen er udformet, så de forskellige aktørers værdier bliver tydeliggjort. Vigtigheden af, at processen er gennemskelig, er flere gange blevet understreget. Dialogværkstederne har virket engagerende og inspirerende på deltagerne. Samtidigt er det blevet klart gennem projektet, at der er store forskelle i arbejdskulturen blandt de forskellige faggrupper, der skal gennemføre fremtidens spildevandsplanlægning.

*Forskellige aktører har meget forskellige opfattelser af kriterier for bæredygtig spildevandshåndtering*

Projektet har vist, at forskellige aktører har meget forskellige opfattelser af, hvad der er de vigtigste kriterier for bæredygtig spildevandshåndtering. Det har været overraskende, hvor forskellige opfattelserne er, også i grupper man umiddelbart skulle forvente var relativt homogene.

*Det er afgørende med et overblik over alternative teknologier til håndtering af spildevand*

Et grundlæggende element i den skitserede planlægningsmetode er, at der kan være tale om et valg mellem mange forskellige teknologier til håndtering af spildevand. Derfor er det afgørende at have et overblik over disse teknologier og deres egenskaber. Der er udviklet et elektronisk informationsværktøj (et Internetkatalog) over teknologier til alternativ håndtering af spildevand, der rummer data, der er relevante i forhold til planlægningssituationen. En meget



væsentlig del af dette værktøj er opstillede massebalancer for komponenter, processer og systemer til håndtering af spildevand. Projektperiodens længde har sat en begrænsning på, hvor meget, der er kommet med i kataloget. Kataloget kan danne baggrund for en videreudvikling til et egentligt designværktøj – dette vil imidlertid kræve en betydelig ressourceindsats.

*Der er behov for at udvikle teknologier til alternativ spildevandshåndtering.*

Det er åbenlyst, at mange af de teknologier, vi har kunne beskrive, endnu ikke er færdigudviklede. De rummer et potentiale for teknologisk udvikling. Det er der brug for, da det som tidligere nævnt er forskellige løsninger, der er de mest bæredygtige forskellige steder.

## 8 Referenceliste

Backlund, A., Eilersen, A.M., Larsen, I., Hagelskjær, M. og Jensen, G. (2001): Økologisk håndtering af urin og fækalier i kolonihavforeninger ved hjælp af kildesorterende toiletsystemer. *Økologisk Byfornyelse og Spildevandsrensning* (endnu ikke udgivet).

Balkema, A.; Preisig, H.; Weijers, S.; Otterpohl, R. & Lambert, F. (2001): Sustainable small scale wastewater treatment. Hjemmeside hentet d. 14/12-01: [http://www.phys.tue.nl/nr/projects/proj\\_sswt.htm](http://www.phys.tue.nl/nr/projects/proj_sswt.htm).

Commision of the European Commission (2000): Directive 2000/60/EC of the European Parliament and the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water.

DANAS (2000): Vejledning for spildevandsplanlægning for det åbne land, Dansk Afløbs- og spildevandsforening (DANAS).

DANIDA (1996): Logical framework approach, LFA: a flexible tool for participatory development. DANIDA, Copenhagen.

Elle, M. (1995): Byøkologi. Opslag i Den Store Danske Encyklopædi, **3**, 532. Gyldendal.

Gaardmand, A. (1993): Dansk byplanlægning 1938-1992. Arkitektens forlag, 317 s. ISBN 87-7407-132-7.

Gabriel, S. og Hoffmann, B. (2001): Byøkologiske tiltag i Hvissinge Vest - en afprøvning af vurderingsmetoden. 49 sider. Miljø & Ressourcer DTU og BYG•DTU, Danmarks Tekniske Universitet. <http://www.er.dtu.dk/publications/fulltext/2001/m&r2001-159.pdf>.

Harremoës, P. og Turner, R.K. (2001): Methods for integrated assessment. *Reg. Environ. Change*, **2**, 57-65.

Hoffmann, B. og Gabriel, S. (2001): Spildevandsplanlægning i en øko-by - status for Munkesøgaard, foråret 1999. 42 sider. Miljø & Ressourcer DTU og BYG•DTU, Danmarks Tekniske Universitet. <http://www.er.dtu.dk/publications/fulltext/2001/m&r2001-161.pdf>.

Hoffmann, B., Nielsen, S.B., Elle, M., Gabriel, S., Eilersen, A.M., Henze, M. & Mikkelsen, P.S. (2000): Assessing the sustainability of small wastewater systems. A context-oriented planning approach. *Environmental Impact Assessment Review*, **20**, 347-357.

Hoffmann, B. & Kofoed, J. (1999): Fra tilskuer til deltager - metoder til beboerinddragelse i byøkologi og Lokal Agande 21. Friluftsrådet og Danmarks Naturfredningsforening, København. <http://www.ifp.dtu.dk/deltager>.

International Organization for Standardization (1997): Environmental management – Life Cycle Assessment – Principles and framework. TC 207/SC5.

Jensen, N.; Elle, M. & Jensen, J.O. (1998): Byøkologiske løsninger – status for viden og erfaringer. DTU, Institut for Planlægning, 398 s. ISBN 87-997188-2-0.

Keating, M. (1993): The Earth Summit's Agenda for a Change. Centre for Our Common Future, Geneva.

Lundin, M.; Bengtsson, M. og Molander, S. (2000): Life cycle assessment of wastewater systems: Influence of system boundaries and scale on calculated environmental loads. *Environ. Sci. Technol.*, **34**(1), 180-186.

Mangin, J.-C. & Miramond, M. (2000): Proc. 2<sup>nd</sup> int. conf. on decision making in urban and civil engineering. Vol 1+2, 1270 pp. ISBN: 2-868-34-117-9.

Miljø- og Energiministeriet (1999): Bekendtgørelse om spildevandstilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4. Miljø- og Energiministeriet.

Miljø- og Energiministeriet (1998): Kort om Århuskonventionen. [http://www.mem.dk/publikationer/aarhus/kort\\_om.htm](http://www.mem.dk/publikationer/aarhus/kort_om.htm) (besøgt d. 28/5 2002)

Miljø- og Energiministeriet (2000): Lovbekendtgørelse nr. 518 af 11/06/2000. Bekendtgørelse af lov om planlægning. Miljø- og Energiministeriet.

Miljø- og Energiministeriet, Kommunernes Landsforening og Amtsrådsforeningen (1995): Lokal Agenda 21 - en introduktion til amter og kommuner. 35 pp. Miljø- og Energiministeriet, Landsplanafdelingen.

Miljøstyrelsen (2000): Punktkilder 1999, Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 19, Miljø- og Energiministeriet.

Mikkelsen, L. og Christensen, G. (2000): Ny indgangsvinkel til Grønt Regnskab. *Stads- og havneingeniøren*, nr. 11, 56-58.

Moberg Å.; Finnveden, G.; Johansson, J. og Steen, P. (1999): Miljösystem-analytiske verktyg - en introduktion med koppling til beslutssituationer, Kartläggning. AFR\_REPORT 251, 68 pp.. AFN, Naturvårdsverket, Stockholm.

Møller, D. R. (2000): Status over indsatsen for miljømæssig bæredygtighed - delanalyse af Lokal Agenda 21 i Danmark. 19 pp. Miljø- og Energiministeriet, Landsplanafdelingen.

Properzi, S. (1998): An Evaluation and Comparison of Tree Methods of Treatment for Organic Household Waste at the Ecological Village – Munkesøgård. Master Thesis, 137 s. Department of Environmental Science and Engineering, Technical University of Denmark.

Regeringen (2001a): Udvikling med omtanke - fælles ansvar. Danmarks nationale strategi for en bæredygtig udvikling. Miljøstyrelsen, ISBN: 87-7944-572-1.

Regeringen (2001b): Debatoplæg om Indikatorsæt til Danmarks strategi for bæredygtig udvikling: Udvikling med omtanke - fælles ansvar. Miljøstyrelsen, ISBN: 87-7944-500-4.

Regeringen (2002a): Fælles fremtid – udvikling i balance. Forslag til Danmarks nationale strategi for en bæredygtig udvikling. Miljøstyrelsen.

Regeringen (2002b): Danmarks strategi for bæredygtig udvikling: Fælles fremtid – udvikling i balance. Forslag til Indikatorsæt. Miljøstyrelsen.  
<http://www.mst.dk/tvær/07060000.htm> (besøgt d. 28/5-02).

Rehfeld, C. og Leleur, S. (1998). Modelling project feasibility robustness by use of scenarios. Paper præsenteret ved 38th Congress of the European Regional Science Association. 28. August til 1. september 1998 in Wien.

Rijsberman, M.A. og van de Ven, F.H.M. (2000): Different approaches to assessment of design and management of sustainable urban water systems. *Environ. Impact Assess. Review.*, **20**, 333-245.

Smith, M., Hauger, M.B., Mikkelsen, P.S., Gabriel, S. & Hoffmann, B. (2001a): Muligheder for økologisk spildevandsrensning på Christiansø. Miljøstyrelsen, København. *Økologisk Byfornyelse og Spildevandsrensning*, **13**. 115 sider. <http://www.mst.dk/udgiv/Publikationer/2001/87-7944-630-2/pdf/87-7944-631-0.pdf>

Smith, M., Nielsen, S.B., Hauger, M.B., Gabriel, S. Eilersen, A.M., Elle, M., Henze, M., Hoffmann, B. og Mikkelsen, P.S. (2001b): Vurdering af spildevandsløsninger i det åbne land - et casestudie om Hillerød kommune. 74 sider. Miljø & Ressourcer DTU og BYG•DTU, Danmarks Tekniske Universitet. <http://www.er.dtu.dk/publications/fulltext/2001/m&r2001-160.pdf>.

Urban Water (2001): information om det svenske forskningsprogram Urban Water. Hjemmeside hentet d. 14/12-01: <http://www.urbanwater.org>.

Vagn-Hansen, P. (2001): Personlig kommunikation om henvendelser til embedslægeinstitutionerne vedr. alternative former for spildevandshåndtering, hvor der er risiko for at mennesker udsættes for smittefare.

Wenzel, H.; Hauschild, M. og Rasmussen, E. (1996): Miljøvurdering af produkter. Udvikling af miljøvenlige industriprodukter – UMIP. Institut for Produktudvikling, DTU, Miljøstyrelsen og Dansk Industri.

World Commission on Environment and Development (1987): Our common future. Oxford University Press.

Yoon, K.P. & Hwang, C.-L. (1995): Multiple attribute decision making – an introduction. *Quantitative applications in the social sciences*, 104.

M226-0065 020610

PSM, **12-05-03 10:38**

## Publikationer og formidling i relation til projektet

Nedenfor følger en fortegnelse over publikationer, der er udarbejdet i tilknytning til projektet. Der er tale om rapporter og artikler, der indgår som formel afrapportering af projektet eller som er offentliggjort som led i den løbende formidling af projektets aktiviteter og resultater, både i Danmark og internationalt.

Publikationerne er grupperet i fire kategorier, hhv. "*Rapporter*", som dokumenterer projektets resultater og for en dels vedkommende kan bruges som referencegrundlag eller værktøj ved løsning af konkrete problemer, "*Artikler i danske tidsskrifter*", hvor formålet har været at informere bredt i Danmark om projektets resultater med henvisning til rapporterne, "*Bidrag til internationale konferencer og artikler*", hvor formålet har været at formidle de mest nyskabende resultater i den internationale forskningsverden indenfor emneområdet, og "*Studenterprojekter*", som typisk er rapporter over eksamensprojekter på DTU, der har bidraget til projektet ved at afprøve idéer og bidrage med viden på forskellige punkter. En del af de internationale publikationer inddrager materiale, der er udviklet udenfor rammerne af dette projekt i forbindelse med parallelle forskningsaktiviteter på DTU.

Udover publikationerne i ovennævnte kategorier offentliggøres to web-sites i forbindelse med projektet:

[www.er.dtu.dk/projects/kloaklose](http://www.er.dtu.dk/projects/kloaklose), som samlet formidler projektets resultater (se Figur 1-1 for en illustration af indgangsbillede).

[www.tekinfo.dk](http://www.tekinfo.dk), som indeholder det teknologiske informationsværktøj, der er beskrevet i rapportens afsnit 5.4. (se Figur 5-4 for en illustration af indgangsbillede).

Samtlige rapporter foreligger elektronisk, men det samme gør sig kun gældende for nogle af de danske artikler og enkelte af de engelsksprogede artikler, da Miljøstyrelsen eller DTU ikke har copyright til disse publikationer. Fortegnelsen med tilhørende elektroniske links findes også på denne hjemmeside.

### 1.1 Rapporter

Backlund, A., Eilersen, A.M., Larsen, I., Hagelskjær, M. og Jensen, G. (2001): Økologisk håndtering af urin og fækalier i kolonihavforeninger ved hjælp af kildesortierende toiletsystemer. *Økologisk Byfornyelse og Spildevandsrensning* (endnu ikke udgivet).

Dyck-Madsen, S.; Gabriel, S.; Hoffmann, B. (1999): Alternative spildevandssystemer - 10 illustrerede eksempler fra Sverige. Det Økologiske Råd, København. Elektronisk udgave kan downloades fra:

<http://www.er.dtu.dk/publications/fulltext/1999/imt1999-127.htm>

Gabriel, S. og Hoffmann, B. (2001): Byøkologiske tiltag i Hvissinge Vest - en afprøvning af vurderingsmetoden. 49 sider. Miljø & Ressourcer DTU og BYG•DTU, Danmarks Tekniske Universitet.

<http://www.er.dtu.dk/publications/fulltext/2001/m&r2001-159.pdf>.

Hoffmann, B. og Gabriel, S. (2001): Spildevandsplanlægning i en øko-by - status for Munkesøgaard, foråret 1999. 42 sider. Miljø & Ressourcer DTU og BYG•DTU, Danmarks Tekniske Universitet.

<http://www.er.dtu.dk/publications/fulltext/2001/m&r2001-161.pdf>.

Hoffmann, B.; Gabriel, S.; Nielsen, S.B.; Almlund, P. & Elle, M. (2002): Dialogværksteder - inspiration til dialog. BYG•DTU og Miljø & Ress. DTU, Danmarks Tekniske Universitet. <http://www.er.dtu.dk/projects/kloaklose>

Eilersen, A.M., Gabriel, S., Hoffmann, B., Nielsen, S.B., Elle, M., Henze, M. & Mikkelsen, P.S. (1999): Vurdering af bæredygtig spildevandshåndtering i kloak-løse bebyggelser. Afrapportering af fase 1. Institut for Miljøteknologi og Institut for Planlægning, Danmarks Tekniske Universitet, Lyngby. pp. 1-46.

<http://www.imt.dtu.dk/publications/fulltext/1999/imt1999-051.pdf>

Mikkelsen, P.S. et al. (2001): Vurdering af bæredygtig spildevandshåndtering i kloakløse bebyggelser. *Økologisk Byfornyelse og Spildevandsrensning*, 73 sider (denne rapport).

Nielsen, S.B., Hauger, M.B., Hoffmann, B., Eilersen, A.M., Gabriel, S., Elle, M., Henze, M. & Mikkelsen, P.S. (2000): Vurdering af bæredygtig spildevandshåndtering i kloak-løse bebyggelser. Afrapportering af fase 2. Institut for Miljøteknologi og Institut for Planlægning, Danmarks Tekniske Universitet, Lyngby.

<http://www.imt.dtu.dk/publications/fulltext/2000/imt2000-026.pdf>

Nielsen, S.B.; Hoffmann, B.; Smith, M.; Gabriel, S.; Mikkelsen, P.S. & Elle, M. (2002): Vejledning i stedsanalyse. BYG•DTU og Miljø & Ressourcer DTU, Danmarks Tekniske Universitet. <http://www.er.dtu.dk/projects/kloaklose>

Smith, M., Hauger, M.B., Mikkelsen, P.S., Gabriel, S. & Hoffmann, B. (2001): Muligheder for økologisk spildevandsrensning på Christiansø. Miljøstyrelsen, København. *Økologisk Byfornyelse og Spildevandsrensning*, 13. 115 sider. <http://www.mst.dk/udgiv/Publikationer/2001/87-7944-630-2/pdf/87-7944-631-0.pdf>

Smith, M., Nielsen, S.B., Hauger, M.B., Gabriel, S., Eilersen, A.M., Elle, M., Henze, M., Hoffmann, B. og Mikkelsen, P.S. (2001): Vurdering af spildevandsløsninger i det åbne land - et casestudie om Hillerød kommune. 74 sider. Miljø & Ressourcer DTU og BYG•DTU, Danmarks Tekniske Universitet. <http://www.er.dtu.dk/publications/fulltext/2001/m&r2001-160.pdf>.

## 1.2 Artikler i danske tidsskrifter

Ahrentzen, L., Hoffmann, B. & Gabriel, S. (2001): Bæredygtigt nybyggeri i Glostrup Kommune. *Medlemsblad for Foreningen Dansk Byøkologi*, **4**(4), 7-9.

Ahrentzen, L., Hoffmann, B. & Gabriel, S. (2001): Hvissinge Vest - et konkret eksempel. *Byplan*, **53**(4), 143-150.

Dyck-Madsen, S.; Hoffmann, B. & Gabriel, S. (1999): Brug de svenske erfaringer med alternative spildevandssystemer. *Miljøavisen*, december, 2. [http://www.ecocouncil.dk/arkiv/1999/991299\\_alternative.html](http://www.ecocouncil.dk/arkiv/1999/991299_alternative.html)

Dyck-Madsen, S., Gabriel, S. & Hoffmann, B. (2000): Alternative spildevandssystemer i boligbebyggelser. *Boligen*, **67**(11), 34-36.

Dyck-Madsen, S., Gabriel, S. & Hoffmann, B. (2000): Alternative spildevandssystemer i boligbebyggelser. *Abbladet, marts* [http://www.ecocouncil.dk/arkiv/2000/000321\\_spildevand.pdf](http://www.ecocouncil.dk/arkiv/2000/000321_spildevand.pdf)

Dyck-Madsen, S., Gabriel, S. & Hoffmann, B. (2001): Alternative spildevandssystemer i det åbne land. *Stads- og havneingeniøren*, (3), 52-55.

Hovmand, J.F.; Gabriel, S. & Hoffmann, B. (2000): Byøkologiske løsninger i Glostrup. *Stads- og havneingeniøren*, (2), 1-3

Smith, M., Hauger, M.B., Hoffmann, B., Mikkelsen, P.S. & Gabriel, S. (2001): Spildevandet på Christiansø skal reguleres. *Ny Viden fra Miljøstyrelsen*, (4), 73-78. <http://www.mst.dk/udgiv/NyViden/2001-4/07011217.htm>

Sulsbrück, P., Hoffmann, B., Pedersen, C.R., Hansen, J.L. & Gabriel, S. (2001): Spildevand i det åbne land - Løsningsvalg ved møder med lodsejerne. *Stads- og havneingeniøren*, nr. 8, side 84-86.

## 1.3 Bidrag til internationale konferencer og tidsskrifter

Eilersen, A.M. & Henze, M. (2001): Energy related to sustainable waste handling technology. In: *Frontiers in urban water management: Deadlock or hope? Proceedings to the Symposium Marseilles, France, 18-20 June 2001*. International Hydrological Programme (IHP-V) Technical Documents in Hydrology No. 45, pp. 209-218. UNESCO, Paris.

Eilersen, A.M., Nielsen, S.B., Gabriel, S., Hoffmann, B., Moshøj, C.R., Henze, M., Elle, M. & Mikkelsen, P.S. (1999): Assessing the sustainability of wastewater handling in non-sewered settlements. In: Kløve, B., Etnier, C., Jenssen, P. & Mæhlum, T. (eds.): *Proc. 4th Int. Conf. on Managing the Wastewater Resource. Ecological Engineering for Wastewater Treatment*, Ås, June 7-11, Jordforsk, Department of Agricultural Engineering, The Agricultural University of Norway & IEES, Ås.

Eriksson, E., Auffarth, K., Henze, M. & Ledin, A. (2001): Characteristics of grey wastewater. *Urban Water*, **4**, 85-104.

Eriksson, E., Henze, M. & Ledin, A. (2001): Xenobiotic organic compounds in grey wastewater: A matter of concern? In: *Frontiers in urban water*



management: Deadlock or hope? Proceedings to the Symposium Marseilles, France, 18-20 June 2001. International Hydrological Programme (IHP-V) Technical Documents in Hydrology No. 45, pp. 84-91. UNESCO, Paris.

Henze, M. & Ledin, A. (2001): Types, characteristics and quantities of classic, combined domestic wastewaters. Chapter 4. In: Lens, P., Zeeman, G. & Lettinga, G. (eds.), Decentralised sanitation and reuse: Concepts, systems and implementation, pp. 59-72. IWA Publishing, London, UK.

Hoffmann, B., Nielsen, S.B., Elle, M., Gabriel, S., Eilersen, A.M., Henze, M. & Mikkelsen, P.S. (2000): Assessing the sustainability of small wastewater systems. A context-oriented planning approach. *Environmental Impact Assessment Review*, **20**, 347-357.

Ledin, A., Eriksson, E. & Henze, M. (2001): Aspects of groundwater recharge using grey wastewater. Chapter 18. In: Lens, P., Zeeman, G. & Lettinga, G. (eds.), Decentralised sanitation and reuse: Concepts, systems and implementation, pp. 354-370. IWA Publishing, London, UK.

Matsui, S., Henze, M., Ho, G. & Otterpohl, R. (2001): Emerging paradigms in water supply and sanitation. Chapter 5. In: Maksimovic, C. & Tejada-Guibert, J.A. (eds.), Frontiers in urban water management. Deadlock or hope, pp. 229-263. IWA Publishing, London, UK.

Nielsen, S.B. & Elle, M. (2001): Appropriate technology in infrastructure planning. In: Katko T et al. (eds): Management og Water, Wastewater and Solid Waste Services in Comparative Historical and Futures Perspectives', TUT-IEEB, Report 13, Tampere 2001, 6 pp.

Smith, M., Hauger, M.B., Hoffmann, B., Gabriel, S. & Mikkelsen, P.S. (2001): Options for sustainable sanitation at Christiansø - a small island in the Baltic. (Poster No. B2085). In: IWA 2nd World Water Congress. Efficient Water Management - Making it Happen, Berlin, 15-19 October 2001. Preprints. CD-ROM. Track 6: Wastewater Treatments - State of the art and advanced techniques. Posters, IWA Publishing, London, UK.

#### 1.4 Studenterprojekter

Christoffersen, M. (2000): Organisk affald fra husholdninger i Munkesøgård. Forprojekt ved Institut for Miljøteknologi, Danmarks Tekniske Universitet.

Eiris, M.; Hejnfelt, A.; Oldenburg, C.; Heron, L. (1999): Økologisk håndtering af sort og gråt spildevand i kolonihaver. Fagpakkeprojekt udført ved Institut for Miljøteknologi, Danmark Tekniske Universitet.

Jansen, A.-M. (1999): Bæredygtig spildevandsplanlægning. Eksamensprojekt ved Institut for Anvendt Bygge- og Miljøteknik og Institut for Planlægning, Danmarks Tekniske Universitet.

Leijon, M. og Salomonsson, M. (1999): Alternativ avloppsvattenrening på Ertholmene. Specialkursus ved Institut for Miljøteknologi, Danmarks Tekniske Universitet.

Pedrosa, R. (2000): Design of small scale wastewater treatment plant using MATLAB. Specialist course at the Dept. of Environmental Science and Engineering, Technical University of Denmark.

Press-Kristensen, K.; Breinholt, A. (2000): Håndtering af husholdningsspildevand. Teknologikatalog samt skabelon til økonomiske og miljømæssig vurdering. Specialkursus ved Institut for Miljøteknologi, Danmarks Tekniske Universitet.

Properzi, S. (1998): An evaluation and comparison of three methods of treatment for organic household waste at the eco-village – Munkesøgård. M.Sc. Final Project Report. Dept. of Environmental Science and Engineering, Technical University of Denmark.

Tsetse, D.W. (2000): Sustainable wastewater management in Ghana. M.Sc. Final Project Report. Dept. of Environmental Science and Engineering, Technical University of Denmark.