

Muligheder for økologisk spildevandsrensning på Christiansø

Muligheder for økologisk spildevandsrensning på Christiansø

Morten Smith, Mikkel Boye Hauger, Peter Steen Mikkelsen
og Søren Gabriel
Danmarks Tekniske Universitet, Miljø & Ressourcer

Birgitte Hoffmann
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

FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	6
SUMMARY AND CONCLUSIONS	10
1 INDLEDNING	13
2 INTRODUKTION TIL ARBEJDSMETODE	14
3 DEN INDLEDENDE STEDSANALYSE	16
3.1 FYSISKE FORHOLD	18
3.2 MILJØMÆSSIGE FORHOLD	18
3.3 TEKNISKE FORHOLD	24
3.4 RELATION TIL ANDRE OMRÅDER	25
3.5 ØKONOMISKE FORHOLD	26
3.6 INSTITUTIONELLE FORHOLD	26
3.7 AKTØRBASEREDE FORHOLD	27
3.8 OPSTILLING AF TYPEOMRÅDER	28
4 MULIGE SPILDEVANDSLØSNINGER PÅ CHRISTIANSØ	33
4.1 MULIGE SPILDEVANDSLØSNINGER	34
4.2 SPILDEVANDSLØSNINGER I DE 4 OVERORDNEDE TYPEOMRÅDER	36
4.3 VALG OG ILLUSTRATION AF SPILDEVANDSLØSNINGER	38
5 STEDSANALYSE FOR CHRISTIANSØ – TRIN II	46
5.1 MASSESTRØMME FOR N, P OG BOD ₅	46
5.2 TRANSPORTBEHOV FOR SLAM OG URIN	49
5.3 AFTAGEMULIGHEDER PÅ BORNHOLM	50
5.4 ØKONOMISKE FORHOLD	50
5.5 INSTITUTIONELLE FORHOLD	51
6 VURDERING AF DE OPSTILLEDE SPILDEVANDSSYSTEMER	53
6.1 VURDERINGSMETODE	53
6.2 VURDERINGSKRITERIER	53
6.3 VURDERING AF ENKELTKRITERIER	54
6.4 SAMMENFATTENDE VURDERING	57
7 KONKLUSION OG ANBEFALINGER	59
8 ORDLISTE	61
9 REFERENCER	62
<i>Bilag A: Antagelser der ligger til grund for stedsanalysens trin I og II</i>	65
<i>Bilag B: Bruttoliste over spildevandsløsninger</i>	79
<i>Bilag C: Mulige spildevandsløsninger på Christiansø</i>	85
<i>Bilag D: Teknologibeskrivelser</i>	105

Forord

Nærværende rapport udgør slutrapporten for projektet "Økologisk håndtering af spildevand på Christiansø", der blev gennemført i perioden 1998-2000. Projektet blev gennemført under 'Aktionsplanen til fremme af økologisk byfornyelse og spildevandsrensning' under Miljø- og Energiministeriet og By- og Boligministeriet.

I projektet er der foretaget en opstilling og vurdering af en mulig spildevands-håndtering på Christiansø og Frederiksø, samlet kaldet Ertholmene, en lille øgruppe nordøst for Bornholm. Baggrunden for projektet udspringer af et ønske fra Forsvarsministeriets Fæstnings- og Natursekretariat (FNS) om at undersøge mulige alternativer til en foreslået traditionel løsning med renseanlæg.

Undersøgelsen er gennemført som et samarbejdsprojekt mellem følgende institutioner:

- Miljø & Ressourcer DTU (M&R) og BYG•DTU, Danmarks Tekniske Universitet (DTU)
Opstilling og vurdering af løsninger, redigering af rapporter, databearbejdning og hovedrapport
- Forsvarsministeriets Fæstnings- og Natursekretariat (FNS),
Rekvirent med bidrag af materiale
- Christiansø's forvaltning (CHF),
Projektledeelse, rekvirent og bidrag af materiale

Rapporten er udarbejdet af:

Morten Smith, M&R
Mikkel Boye Hauger, M&R
Birgitte Hoffmann, BYG•DTU
Peter Steen Mikkelsen, M&R
Søren Gabriel, M&R

Projektets styregruppe bestod af:

Adam Frølund, FNS
Mogens Kaasgaard, Miljøstyrelsen
Jan Kidholm Christensen, CHF (oprindeligt Peter Holmgaard Christensen)
Peter Steen Mikkelsen, M&R
Linda Pejtersen, Forsvarets Bygningstjeneste
Rikke Solberg Rasmussen, FNS

Rapporten understøttes af 4 bilag (A-D). Indholdet af disse bilag appellerer til læseren, der bl.a. vil have detailindblik i de udførte beregninger.

Lyngby, 12 juni 2001

Sammenfatning og konklusioner

Denne rapport omhandler en opstilling og vurdering af en mulig spildevandshåndtering på Christiansø og Frederikssø, samlet kaldet Ertholmene, en lille øgruppe nordøst for Bornholm.

Baggrunden for projektet udspringer af et ønske fra Forsvarsministeriets Fæstnings- og Natursekretariat (FNS) om at finde nogle alternative spildevandsløsninger til en foreslået traditionel renseløsning.

Projektet er finansieret af Miljøstyrelsen under Tema 1 af Aktionsplanen til fremme af økologisk byfornyelse og spildevandsrensning. Tema 1 omhandler projekter i relation til økologisk håndtering af spildevand i det åbne land.

Arbejdsmetodens elementer

En metode til planlægning og vurdering af spildevandshåndtering er blevet afprøvet i nærværende projekt. Den anvendte arbejdsmetode består af følgende delelementer, der er koblet sammen i planlægningsprocessen:

- Stedsanalyse
- Dialogværktøjer
- Opstilling af teknologialternativer
- Multikriterievurdering

Den anvendte metode er under udvikling i forbindelse med projektet 'Vurdering af bæredygtig spildevandshåndtering i kloakløse bebyggelser' (ligeledes finansieret under Aktionsplanens Tema 1), hvis formål er at udvikle en planlægnings- og vurderingsmetode til brug i forbindelse med spildevandsplanlægning i det åbne land. Heri indgår Christiansø som caseområde.

Den skitserede metode til vurdering af spildevandshåndtering i det åbne land omfatter brug af dialogværktøjer. I den aktuelle case er disse værktøjer dog ikke blevet taget i brug, eftersom man 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 komme i dialog med øboerne, da en fremtidig effektiv affaldshåndtering, vil afhænge af deres accept af systemet.

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, samt
- eksisterende litteratur om Christiansø og om alternativ spildevandshåndtering.

Den indledende stedsanalyse har peget på, at de nuværende spildevandsforhold er uacceptable set i forhold til gældende lovgivning og i forhold til hygiejniske, æstetiske og miljømæssige gener.

Det er ikke helt klart hvilke krav, der 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.

Da Christiansø ikke er underlagt noget amt er det Miljøstyrelsen, der skal fastsætte udledningskravene. Udledningstilladelsen vil blive givet ved at FNS og Christiansø's administration indsender en forespørgsel til Miljøstyrelsens Spildevands- og Vandforsyningskontor, der så vil tage stilling til hvilken rensning, der skal foretages af spildevandet.

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/nedsvivning af spildevand på jorden, medføre forurening af overfladevandet. I en del af bebyggelsen 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 boligkapaciteten udnyttes fuldt ud. Opgjort i næringsstoffer er den årlige belastning ca. 760 kg Total-N, 200 kg Total-P og 4630 kg BOD₅. Den totale spildevandsproduktion på Christiansø opgøres til knap 9500 m³.

De løsninger, der normalt vælges ved etablering af alternative spildevandsanlæg, såsom rodzoneanlæg, nedsvivningsanlæg 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 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 interesserede i spildevandshåndtering men generelt ønsker at passe godt på øerne. Hytteboerne er vant til at håndtere spildevand og kan formodentlig nemt tilpasse sig alternative løsninger. Den store udfordring for spildevandssystemet er imidlertid de mange endagsturister, der enten kan opfattes som en barriere for alternative systemer eller som en mulighed for at udbrede kendskabet hertil.

Inddeling i typeområder 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.

Opstilling af teknologialternativer

Med udgangspunkt i en bruttoliste over alternative spildevandssystemer, er der udvalgt 6 forskellige spildevandsløsninger der har relevans for Christiansø. Hvorvidt en løsning har relevans på Christiansø, er vurderet på baggrund af den indledende stedsanalyse.

Udvalgte løsninger De 6 opstillede spildevandsløsninger præsenteres her:

1. *Lang rørføring ud i Østersøen for direkte udledning af spildevandet.*
2. *Installation af offentlige vakuumtoiletter med bortsejling af opsamlet materiale til Bornholm.*
3. *Etablering af kompakt renseanlæg (Actiflo) for rensning af spildevandet.*
4. *Offentlige vakuumtoiletter 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.*

Der følger nu et andet trin af stedsanalysen. Her gives en kvantitativ vurdering af de 6 spildevandsløsninger, ud fra deres resulterende belastning af Østersøen med kvælstof, fosfor og organisk stof. Ligeledes udføres beregninger på et eventuelt transportbehov for slam og spildevand til Bornholm. Både den indledende stedsanalyse og stedsanalysens trin II understøttes af Bilag A.

Efter at have udført en massestrømsanalyse på de opstillede spildevandssystemer vurderes de forskellige alternativer (heriblandt den traditionelle løsning) i forhold til de eksisterende forhold. Vurderingen deles op på 8 kriterier (miljø, hygiejne, drift, brug, økonomi, selvforvaltning, robusthed og demonstrationsværdi). En sådan vurdering kaldes en multikriterievurdering.

Multikriterievurdering

Opstillingen af spildevandsløsninger har vist, at der med stor rimelighed kan 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 gødningsværdi. 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 er nødvendig.

Det vurderes dog, at det ikke er forsvarligt at fortsætte den eksisterende udledning og håndteringspraksis ud fra generelle etiske synspunkter. Hermed menes at den eksisterende spildevandshåndtering på Christiansø ikke følger den generelle regulering i Danmark. 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.

Projektarbejdet har vist, at de meget specielle fysiske forhold på Christiansø medfører, at mange af de løsninger man normalt opfatter som værende økologiske, på forhånd er blevet udelukket. Således ender projektet op med nogle løsninger, der medfører et vist omfang af anlægs- og/eller transportarbejder.

Anbefalinger

På baggrund af rapportens vurderinger er der opstillet følgende generelle anbefalinger for det fremtidige arbejde med en spildevandsløsning på Christiansø:

- *Løsning af de hygiejniske problemer prioriteres højt.*
- *Miljøkravene til et ændret spildevandssystem bør afklares.*
- *Det anbefales, at tage stilling til i hvilken udstrækning kloakken skal renoveres i forbindelse med indførelse af nye spildevandsløsninger.*
- *Reduktion af næringsstofudledningen prioriteres ikke højt ved valg af spildevandsløsning.*
- *Hvis der etableres renseanlæg på øen skal anlægget udformes, så det kan ombygges til at leve op til eventuelle skærpede krav i fremtiden.*
- *Håndteringen af slam mv. skal tænkes ind i en fremtidig løsning af Christiansø's affaldsbortskaffelse.*
- *Der etableres ikke urinsorterende spildevandssystemer på Christiansø.*

Konkret anbefales det, at:

Christiansø med henvisning til de specielle forhold (fredning, klippegrund etc.), øens placering og minimale forureningsbidrag ansøger Miljøstyrelsen om tilladelse til at samle og eventuelt neddele spildevandet og lede det ud via en havledning.

Hvis Miljøstyrelsen stiller krav om en reduktion af belastningen fra Christiansø, anbefales følgende:

På baggrund af en beslutning om behovet for kloakrenovering sammenlignes og vurderes en traditionel renseløsning og en løsning, hvor alene belastningen fra de offentlige toiletter afskæres (offentlige vakuumtoiletter).

Summary and conclusions

Christiansø is a group of small rocky islands situated to the Northeast of Bornholm in the Baltic, Denmark. The islands have almost no wastewater handling at present, resulting in hygienic problems due to emptying of latrines on the surface and discharge of untreated wastewater from households and fishing industry into a harbour with visiting tourists and further into the Baltic. A conventional treatment plant (mechanical/biological/chemical) has been proposed, however at high costs. The purpose of the study reported here was to come up with other suggestions, possible leading to reduced costs and increased sustainability. The results are based on a larger research project on sustainable wastewater handling financed by the Danish EPA and have relevance for other small and remote islands with no or limited wastewater handling.

Christiansø is owned by the Ministry of Defence and is not under the jurisdiction of any county or other environmental regulatory body. Thus, it has been difficult to determine a “required” level of wastewater treatment; any decision concerning a future solution must be made in collaboration between the administrator in place and the Ministry of Defence in Denmark. If no action is taken by any of these parties, the problems remain unsolved.

The islands have about 100 residents with a maximum capacity of 135. In the summertime (about 2 months) many visitors (regular visitors, visitors in cabins, campers and sailors) and tourists (visiting for about 3 hours) come to the islands. In total, about 635 Pe are present each day during the summer period. The load of nutrients (as NH_4^+ -N and total P) and organic matter (BOD_5) is illustrated in figure 1. It is noted that the sum of all the population groups, is 100 % for each component.

According to figure 1, the major load of nutrients and organic matter comes from the residents (about 100 Pe) and the tourists during the summer period. Any solution should consider this load distribution. Subsequently it is recognised that more than 50 percent of both N and P are found in the black wastewater from the residents.

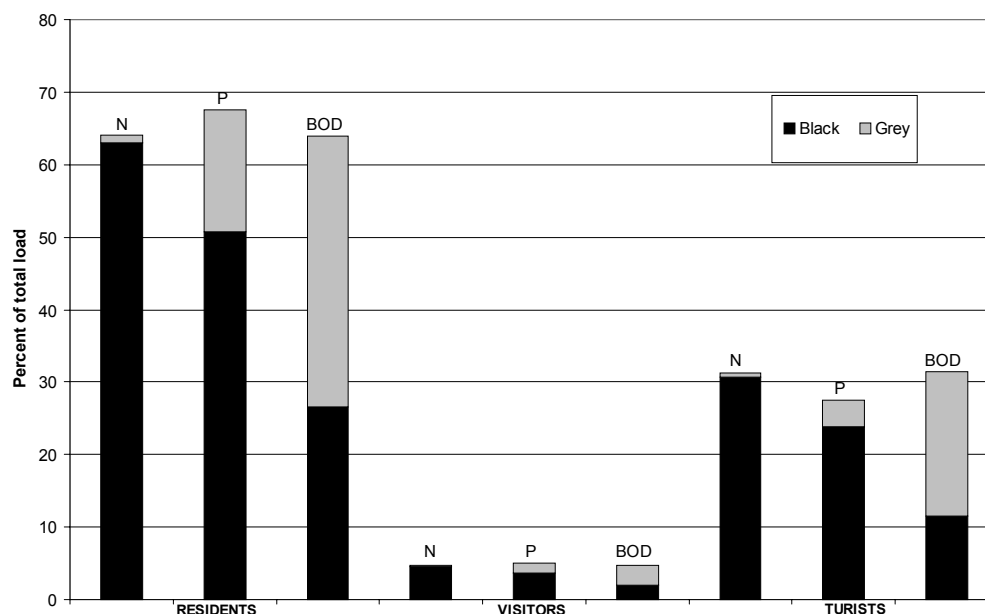


Figure 1: The contribution of nutrients and organic matter between population groups and wastewater type (black and grey wastewater).

The geology of Christiansø is characterized by bedrock with a thin soil layer. The islands are preserved by a provision that comprises all life and buildings; import of foreign plants is not permitted and there is no agriculture. These preconditions have major impact on the possibilities for implementing solutions such as constructed wetlands and sandfilters because of high construction costs and space demand. Also, they do not favour solutions based on local recycling of nutrients and excreta.

With reference to a gross list of alternative options for wastewater handling and a thorough analysis of the location, the solutions in figure 2 have been proposed for Christiansø.

	N		P		BOD ₅	
	kg/year	Degree of reduction (%)	kg/year	Degree of reduction (%)	kg/year	Degree of reduction (%)
Existing conditions	760	~0	198	1	4024	13
Long pipe	760	~0	198	1	4024	13
Public vacuum toilets	526	31	152	24	3489	25
Compact plant (Actiflo ^{**})	624	18	30	85	402	91
Vacuum toilet / Actiflo	431	43	23	89	349	92
Conventional treatment plant*	114	85	20	89	201	96
Urine separation / Actiflo	57	93	13	94	366	92
Expected demands	686	10 %	180	10 %	3242	30 %

* mechanical/biological/chemical treatment (only mechanical ~ expected demands)

** physical/chemical treatment plant with a compact layout (no biological treatment step)

Figure 2: The load of nutrients and organic matter into the Baltic when applying the different solutions, compared to the existing conditions.

Subsequently, mass balances have been made in order to evaluate the load on the environment (i.e. the Baltic) by implementing the different solutions. The 'expected demands' are based on the present regulation (only mechanical treatment

for smaller plants - a few 100 Pe) in the county of Bornholm (same recipient, similar geological conditions etc.).

Figure 2 shows that the solution with urine separation, as expected, is the most effective solution towards reducing the nutrient load on the Baltic. It also shows that all the proposed solutions (except 'long pipes' and 'public vacuum toilets alone') can fulfil the expected demands. Reducing the discharge of nutrients and organic matter to the Baltic is however not the only issue to consider. A number of criteria were used in order to evaluate and assess the sustainability of the different solutions and making a decision with regard to the wastewater problem at Christiansø:

- Load on the environment (based on figure 2 and assessment of transportation need)
- The hygienic aspects
- Operational aspects (including maintenance)
- User aspects
- Economy (cost of construction and operation)
- Local management/administration
- Robustness (flexibility towards future changes in demands and wastewater load)
- Value of demonstration

These criteria were set up in a matrix with the different solutions. Subsequently, an assessment (mostly qualitative) was made to evaluate the performance of each solution compared to the existing conditions. The solutions were rated by ---, --, -, 0, +, ++, +++, where 0 means that the solution will not lead to any change of the existing conditions. The multi criteria analysis made it possible to put forward a recommendation on the future wastewater handling at Christiansø.

It has, controversially, been concluded that the most sustainable solution would be improving the existing sewage collection system and extend it with a long pipe (about 300 m) into the Baltic. This would solve the hygienic problems (i.e. emptying of latrine into the surroundings and discharge of wastewater directly into the harbour), and the choice of 'no treatment' is justified by the limited pollution load to the Baltic compared with other land-based sources from the surrounding countries. Most of the other solutions would involve higher costs or the need for transportation of human waste products, which would involve potential hygienic problems and increased energy consumption.

1 Indledning

Håndtering af spildevand på Christiansø

Denne rapport omhandler arbejdet med at lave en alternativ spildevandsplan for Ertholmene, en lille øgruppe nordøst for Bornholm. I selve rapporten vil Ertholmene blive omtalt som Christiansø, som er hovedøen.

Bortskaffelsen af spildevand på Christiansø fungerer ikke tilfredsstillende. Spildevand fra de kloakerede bebyggelser ledes urensset ud i havnen, hvor det giver anledning til æstetiske gener og udgør en sundhedsmæssig risiko ved badning og rensning af fisk i havnevandet. Enkelte huse på Christiansø er forsynet med septiktank med efterfølgende nedsivning. Denne løsning er imidlertid ikke umiddelbart acceptabel, idet nedsivningen sker inden for det område, hvor der indvindes overfladevand til øernes ferskvandsforsyning. I de øvrige bebyggelser opsamles toiletaffaldet i latriner, der tømmes ud mellem klipperne langs kysten.

Konventionel løsning

Et rådgivende ingeniørfirma har i samarbejde med Forsvarets Bygningstjeneste udarbejdet et skitseprojekt til en konventionel løsning på øernes spildevandsproblemer. Løsningen indebærer en udbygning af kloaksystemet, etablering af et mekanisk biologisk renseanlæg og en omlægning af spildevandsudledningen. Løsningen kræver omfattende sprængningsarbejder og er forbundet med store omkostninger ved etablering og drift.

Alternative løsninger

På baggrund af dette skitseprojekt ønskede Forsvarsministeriets Fæstnings- og Natursekretariat (FNS) derfor at få undersøgt mulighederne for etablering af alternative spildevandsløsninger. Med alternative løsninger menes løsninger, der ses som et alternativ til den foreslåede traditionelle løsning med kloakering og et centralt renseanlæg.

Formålet med dette projekt er derfor at afklare og vurdere mulighederne for at etablere og demonstrere alternative (gerne økologiske - "grønne") spildevandsløsninger på Christiansø.

Der indgår i projektet en vurdering af miljø- og hygiejnemæssige fordele og ulemper, drift og brug samt økonomi ved forskellige alternative spildevandsløsninger. Ligeledes vurderes forhold omkring selvforvaltning, robusthed og demonstrationsværdi af løsningerne.

Projektets baggrund

Rapporten relaterer sig til to projekter:

- 'Økologisk håndtering af spildevand på Christiansø', hvis formål er at undersøge mulighederne for en alternativ spildevandshåndtering på øerne.
- 'Vurdering af bæredygtig spildevandshåndtering i kloakløse bebyggelser', hvis formål er at udvikle en planlægnings- og vurderingsmetode til brug i forbindelse med spildevandsplanlægning i det åbne land. Heri indgår Christiansø som case.

Projekterne gennemføres under 'Aktionsplanen til fremme af økologisk byfornyelse og spildevandsrensning' under Miljø- og Energiministeriet og By- og Boligministeriet.

2 Introduktion til arbejdsmetode

I dette afsnit gives et kort overblik over den anvendte arbejdsmetode, dens forløb og elementer.

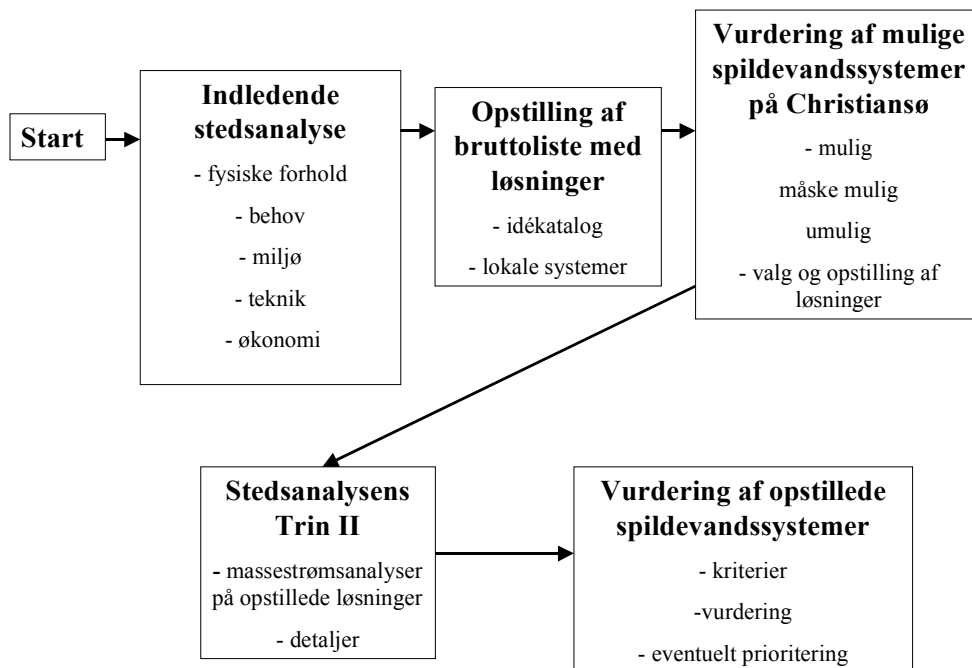
Bæredygtige systemløsninger

Projektets grundlæggende tese er, at ingen teknologier i sig selv er *økologiske*. Man kan derimod tale om systemløsninger (kombinationer af teknologier), der afhængigt af de aktuelle *lokale* forudsætninger i mere eller mindre grad understøtter en *bæredygtig udvikling*.

Den anvendte vurderingsmetode baseres således på analyser af det konkrete sted, på dialog mellem lokale aktører og på analyse af en række forskellige teknologier til lokal spildevandshåndtering.

Arbejdsprocessen

Den arbejdsmetode, som er anvendt i nærværende projekt, er illustreret på figur 2.1 og i teksten nedenfor.



Figur 2.1: Illustration af arbejdsmetoden i projektet

Start

Ved start (se figur 2.1) har man et projektformål (finde løsning på spildevandshåndtering) og et sted (Christiansø).

Den indledende stedsanalyse

Her laves en indledende analyse af den konkrete problemstilling, der groft fastlægger det aktuelle behov samt fysiske, miljømæssige, tekniske, økonomiske, institutionelle og sociale betingelser for spildevandshåndteringen. Den indledende stedsanalyse udføres med udgangspunkt i en tjekliste.

<i>Opstilling af bruttoliste</i>	Her opstilles en bruttoliste, der skitserer en bred vifte af lokale systemer til håndtering af spildevand. Denne bruttoliste (jfr. bilag B) er bl.a. baseret på et teknologisk informationsværktøj, der er under udarbejdelse i projektet 'Vurdering af bæredygtig spildevandshåndtering i kloakløse bebyggelser'.
<i>Vurdering og opstilling af løsninger</i>	<p>Resultaterne fra den indledende stedsanalyse anvendes til at vurdere hvilke af de opstillede løsninger i bruttolisten, der er mest relevante i relation til den pågældende lokalitet, Christiansø. Hermed fremkommer en reduceret, eller stedsspecifik bruttoliste (jfr. bilag B).</p> <p>Alle løsninger vurderes mht. om de er:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>mulige</i> (ingen uoverensstemmelser mellem sted og løsningens betingelser). • <i>måske mulige</i> (ingen principielle uoverensstemmelser men enkelte uafklarede punkter som f.eks. afsætningsmuligheder for urin). • <i>ikke mulige</i> (alvorlige uoverensstemmelser mellem sted og løsningens betingelser, f.eks. nedsivning af spildevand i ikke nedsivningsegnet undergrund). <p>På baggrund af vurderingen udvælges der et antal løsninger, som det er fornuftigt at arbejde videre med.</p>
<i>Stedsanalysens trin II</i>	Efter denne første runde, laves en mere detaljeret stedsanalyse, hvor der indsamles yderligere data og foretages beregninger til vurdering af de udvalgte løsninger. Denne fase rummer både en kvantitativ analyse (herunder massebalancer og transportbehov) og en kvalitativ og procesorienteret analyse (herunder institutionelle forhold).
<i>Vurdering af opstillede spildevandssystemer</i>	I denne bruges beregninger og informationer fra stedsanalysens trin II til at lave en vurdering og prioritering af de opstillede løsninger. Løsningerne vurderes også kvalitativt på en række forskellige kriterier.
<i>Valg af løsning</i>	Selve valget af løsning er ikke en del af projektet – denne beslutning er i sidste ende op til de lokale beslutningstagere (primært Christiansø's administration). Der gives dog nogle kortfattede anbefalinger.

3 Den indledende stedsanalyse

Stedsanalysen skal tilvejebringe den nødvendig information og viden om det pågældende sted for spildevandshåndtering.

Betydningen af stedet

Erfaringerne viser, at en tilpasning af systemet til det konkrete sted er en forudsætning for en velfungerende løsning, det gælder ikke mindst ved lokale decentrale anlæg. Især er det nødvendigt, at et spildevandsanlæg forholder sig til de givne miljøforhold på stedet og den lokale 'kultur', herunder de aktører, der indgår i brugen og driften.

Gennem stedsanalysen fremskaffes den viden, der skal bruges til den videre vurdering. En viden af meget forskelligartet karakter - fra for eksempel vandforbrug og recipientfølsomhed over arealplaner og forvaltningspraksis til brugernes vaner og ønsker. Således skal også de lokale aktører og deres viden og krav inddrages.

Tjekliste

Den indledende stedsanalyse er udført med udgangspunkt i en tjekliste, der består af følgende elementer:

1. Fysiske forhold
2. Miljømæssige forhold
3. Tekniske forhold
4. Relationer til andre områder
5. Økonomiske forhold
6. Institutionelle forhold
7. Aktørbaserede forhold

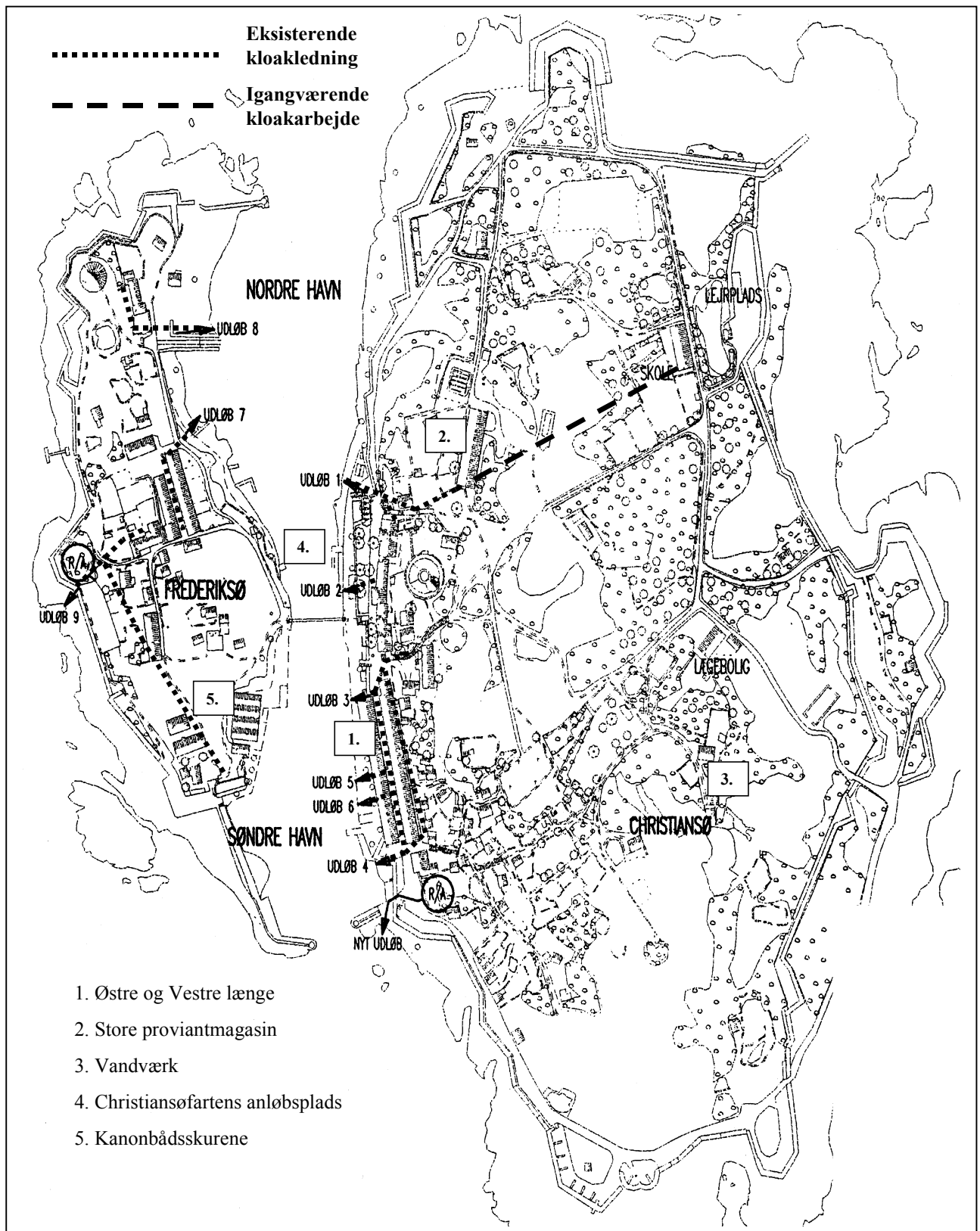
Ovenstående tjekliste er gennemgående disposition for stedsanalysen.

Stedsanalysen udføres i to trin. I det første trin indsamles eksisterende og let tilgængelig viden (den indledende stedsanalyse). I andet trin indsamles den detaljerede viden, der er nødvendig for en dybdegående vurdering af de foreslåede løsninger. Der kan indgå uddybning af elementer fra den indledende stedsanalyse i trin II.

Kildematerialet

Til stedsanalysen på Christiansø er indsamlet viden fra følgende kilder:

- Forsvarsministeriet vedr. kortmateriale, information om geografiske og demografiske forhold og projektmateriale vedrørende etablering af konventionelt renseanlæg
- Miljø- og Energiministeriet vedrørende lovgivning om spildevandsanlæg
 genanvendelse af slam og næringssalte samt
 afgifter på tilslutning af anlæg og på udledninger
- Miljøstyrelsen, Spildevands- og Vandforsyningskontoret
- Bornholms Amt
- Neksø kommunes tekniske forvaltning
- Fredningsbestemmelser for Christiansø
- Østersøkonvention



Figur 3.1: Kort over Christiansø med indtegning af kloak og udløb

- Christians Ø's administration vedr. eksisterende drikkevandsforhold, spildevandsudledninger, øvrige infrastruktur, generelle betragtninger om bygningerne, eksisterende forhold og beboernes ønsker
- Beboere - uformelle samtaler om beboernes oplevelser og problemer vedrørende spildevandshåndtering

- Egne undersøgelser, indledende feltundersøgelser
- Diverse rapporter, se referencelisten

3.1 Fysiske forhold

De fysiske forhold på Christiansø er meget specielle i forhold til resten af Danmark.

1. Areal, topografi etc.

Ertholmene er en øgruppe i Østersøen, der består af to beboede øer - Christiansø og Frederikssø - samt nogle ubeboede klippeskær. Øgruppen ligger ca. 20 km nordøst for Bornholm.

De to største øer udgør tilsammen et areal på 26 ha - heraf udgør Christiansø 22 ha og Frederikssø 4 ha.

Det højeste punkt på Christiansø er 22 m.o.h. Terrænet er så kuperet, at pumpestationer ved etablering af rørledninger ikke kan undgås. Frederikssø er noget fladere (højeste punkt 8 m.o.h), men også her vil pumpestationer formodentlig være nødvendige.

2. Jordbunds- og grundvandsforhold

Christiansø er en klippeø uden grundvandsforekomster. Det vand, der findes i sprækker i klipperne, må betegnes som overfladevand, fordi vandet bevæger sig i et system af klippesprækker og kun i meget ringe grad i en jordmatrice, der ellers er kendetegnende for grundvand i Danmark. Nogle steder er klipperne dækket af et tyndt muldlag, men mange steder er klipperne helt blotlagte.

3. Landskab

Det åbne land på øerne fremstår som kuperet klippe-kystlandskab med spredt bevoksning. Mellem klipperne findes mange steder små damme eller vandhuller. I nogle af disse damme lever en eller flere sjældne paddearter.

Der stilles særlige krav til, at eventuelle nye anlæg tilpasses øens natur- og kulturværdier.

4. Brug og vedligeholdelse af udearealer og naturområde

Øens naturområder er hårdt belastet af turisme i sommersæsonen. Udover de mange turister, der opholder sig få timer på øerne for at opleve stedet, bruges udearealerne af turister til fiskeri, lystsejlad, badning samt studier af fugle.

I følge fredningsbestemmelserne er landskab, plante-, fugle- og dyreliv fredet. Der må ikke ske ændringer i terræn eller dyre- og plantesammensætning.

Der er kun få og små dyrkede arealer - mindre haver, 1 fodboldbane, 1 lille park samt et mindre areal med køkkenhaver.

Brugen af udearealerne er trods øens ringe størrelse mangeartede. Et system til håndtering af spildevandet må ikke forringe eller begrænse brugen af udearealerne.

3.2 Miljømæssige forhold

Følgende punkter er en gennemgang af de miljømæssige forhold på øerne, samt hvilke miljømæssige krav der stilles til fremtidige spildevandssystemer. Forureningsbelastningen fra spildevandet på Christiansø består af organisk stof, næringsstoffer samt i mindre grad uønskede miljøfremmede stoffer. Belastningen stammer primært fra husholdningsspildevand. Organisk stof stammer fra fækalier og diverse køkkenaffald. Næringsstofferne kvælstof (N) og fosfor (P) stammer hovedsageligt fra urin og fækalier.

Udover belastningen af Østersøen og havnen med spildevand belastes havnebassinet af fiskeaffald. Det bør vurderes, om dette fiskeaffald skal indgå i en håndteringsløsning.

Der er anvendt en række forudsætninger i projektet omkring vandforbrug og belastning med kvælstof (som NH_4^+ - der kan nitrificeres), fosfor (Total-P) og organisk stof (BOD_5 i g O_2/PE), der vil blive præsenteret i det følgende.

5. Mængde og karakter af spildevand

De opgørelser og beregninger af massestrømme for vand, N, P og BOD_5 (NPO), der præsenteres i det følgende, hviler så vidt muligt på registreringer fra Christiansø's forvaltning. I mange tilfælde har det imidlertid været nødvendigt at anvende erfaringsværdier fra litteraturen. Disse værdier er, sammen med en række nødvendige antagelser, vurderet kritisk i forbindelse med projektets udarbejdelse.

I bilag A findes en gennemgang af de værdier og antagelser, der ligger til grund for massestrømsanalyserne for Christiansø og de beskrevne spildevandsalternativer. De væsentligste parametre og antagelser bag denne vurdering findes præsenteret i det følgende.

Antal personer og deres spildevandsproduktion

Tablet 3.1: Opgørelse af antal personer fordelt på persongrupper og omregnet til PE (personækvivalenter).

	Personer	PE
Fastboende	100	100
Fastboende max. kapacitet	135	135
Overnattende turister, heraf:	400	400
• Besøgende	60	60
• Hytter	150	150
• Teltplads (camping)	60	60
• Lystsejlere (båd)	130	130
3-timers turister	1000	100
I alt max. vinter		135
I alt max. sommer		635

Antallet af besøgende omfatter de personer, der besøger fastboende på øen. Beregningerne er baseret på et skøn over antallet af besøgende i 1998, der stammer fra Administrationen. Dette skøn er baseret på bl.a. antal betalende gæster på campingpladsen og i havnen samt antal solgte billetter til overfarterne fra Bornholm. Der er erhvervet detaljerede oplysninger omkring persontransporten til Christiansø (bilag A). Dette materiale viser et lavere besøgstal end ovenstående opgørelse specielt for 3-timers turisterne. Dimensioneringen i nærværende projekt er foretaget efter ovenstående skøn, hvilket giver en overkapacitet i løsningerne.

Beregningerne inkluderer industri spildevand (spildevand fra rensning af fisk), der er vurderet til at udgøre 1 - 2 PE (vandmængder) (Forsvarets Bygningstjeneste, 1998). Der tages ved opstillingen af løsningerne ikke videre hensyn til industri spildevand, eftersom mængderne er meget beskedne.

De fastboende på Christiansø antages at opholde sig på øerne hele året, dvs. 365 dage. For de øvrige persongrupper antages det, at de primært kommer til øerne i sommermånederne, dvs. ca. 60 dage om året. Tabel 3.2 illustrerer beregningsgrundlaget for spildevandsproduktionen (vandmængder) fra fastboende og turister. Det bemærkes, at det er forsøgt at anvende Christiansø's forvaltnings

egne opgørelser over forbruget af ferskvand (gråt spildevand) og saltvand (sort spildevand) til at vurdere øens spildevandsproduktion. Det har dog vist sig vanskeligt at bruge dette materiale, eftersom specielt opgørelser over saltvandsforbruget er præget af usikkerheder pga. utætheder i forsyningsnettet. Det erhvervede datamateriale på aktuelt vandforbrug fremgår af bilag A.

Tabel 3.2: Spildevandsproduktionen fra fastboende og turister på Christians ø.

	Antal PE	Vandforbrug l/PE/dag	dage/år	m ³ /år
Fastboende	135	130	365	6406
Besøgende	60	130	60	468
Hytter	150	66,5*	60	599
Camping/båd	190	100	60	1140
3-timers turister	100	130	60	780
Total	635	-	-	9393

*svare til at 50% af hytteboernes toiletbesøg foretages på offentlige toiletter med vandskylende toiletter (jfr. bilag A)

Spildevandets indhold af N, P og BOD₅

Beregningerne af belastningen med NPO fra spildevandet på Christiansø og fordelingen af belastningen på forskellige spildevandsfraktioner i de spildevandssystemer, der bliver præsenteret i rapporten, hviler på nedenstående fordeling af NPO i spildevandets fraktioner. Tabel 3.3 angiver mængderne af NPO fordelt på gråt og sort spildevand. Det sorte spildevand opdeles i urin og fækalier. Det grå spildevand svarer til spildevandet fra husstandens køkken, tøjvask, bad og håndvaske. For detaljer omkring de fremsatte mængder i opgørelsen henvises til bilag A.

Tabel 3.3: Mængder af N, P og BOD₅ i gråt og sort spildevand.

Tal i kg/PE/år.

	Gråt	Sort		Total
		Urin	Fækalier	
Kvælstof (NH ₄ ⁺ -N)	0,06	3,48	0,08	3,6
Fosfor (P)	0,25	0,55	0,20	1,0
Organisk stof (BOD ₅)	12,8	1,8	7,3	21,9

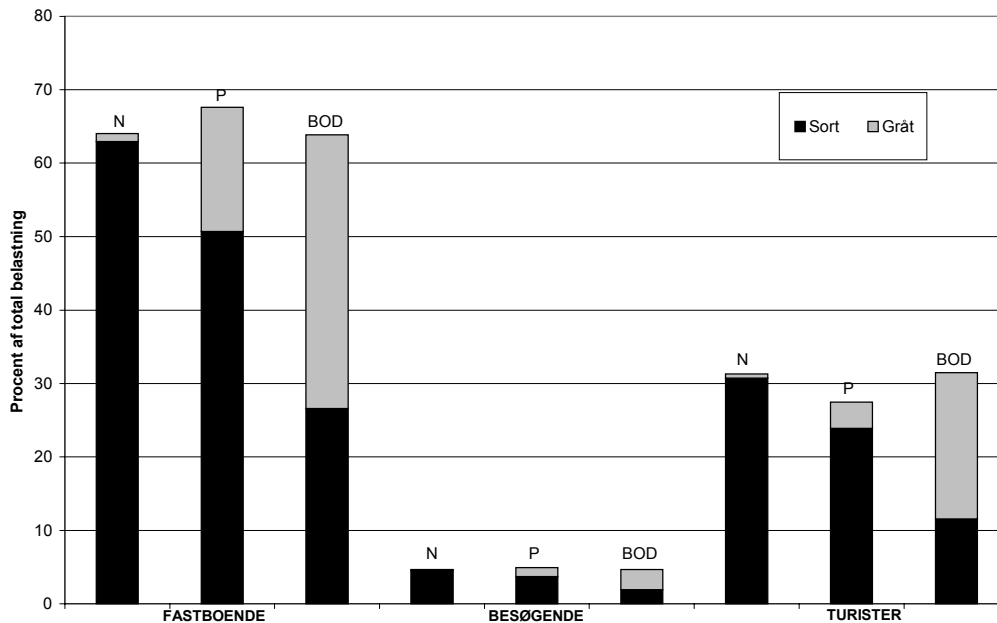
Massestrømme for N, P og BOD₅ på Christiansø

Tabel 3.4 og figur 3.2 illustrerer belastningen af spildevandet med NPO fordelt på fastboende, besøgende og øvrige turister (hytter, camping/båd og 3-timers). Ligeledes illustreres, fordelt på persongrupper, belastningen med NPO fra henholdsvis sort og gråt spildevand.

Tabel 3.4: Mængder af N, P og BOD₅ fordelt på fastboende, deres besøgende og de øvrige turister, tal i kg/år. Ligeledes vises den totale sommer- og vinter belastning i kg/dag.

	Fraktion Sort/Gråt	Kvælstof (NH ₄ ⁺ -N) kg/år	Fosfor (P) kg/år	Organisk stof (BOD ₅) kg O ₂ /år
<i>Fastboende</i>	Sort	479	101	1232
	Gråt	8	34	1725
<i>Besøgende</i>	Sort	35	7	90
	Gråt	1	3	126
<i>Øvrige turister</i>	Sort	234	48	535
	Gråt	5	7	924
<i>Total</i>	Sort	749	156	1857
	Gråt	13	44	2775
<i>Total</i>	Sort + gråt	762	200	4632
<i>Sommer</i>	kg/dag	5,9	1,4	36,0
<i>Vinter</i>	kg/dag	1,3	0,4	8,1

Som det fremgår af opgørelsen genererer de fastboende og øvrige turister hovedparten af spildevandets næringsbelastning (N, P og BOD₅). Den årlige mængde er beregnet ud fra en antagelse om en to måneder lang sommersæson med maksimumsbelastning og 10 måneder med minimumsbelastning. Som det fremgår af ovenstående opgørelse er dagsbelastningen med NPO i sommerperioden (2 måneders højsæsonen) væsentligt højere (faktor 4) end den tilsvarende belastning uden for højsæsonen.



Figur 3.2: Relativ belastning med N, P og BOD₅, fordelt på persongrupper og opdelt i bidrag fra sort og gråt spildevand.

I figur 3.2 er summen af fastboendes, besøgendes og turisternes bidrag med hver enkelt spildevandskomponent lig med 100 %.

Som det fremgår af figuren, stammer belastningen med kvælstof og fosfor hovedsageligt fra det sorte spildevand. Ligeledes tegner de fastboende sig for mere end 60 % af den totale årlige belastning med kvælstof, mens en meget begrænset del findes i det grå spildevand. Hertil kommer at de fastboende også tegner sig for mere end 60 % af den totale årlige belastning med fosfor og organisk stof. Det fremgår af figuren er der en overvægt af organisk stof i det grå spildevand i forhold til det sorte spildevand, hvilket skyldes at det grå spildevand fra køkkenet regnes med under gråt spildevand.

6. Recipienter

Potentielle recipienter for spildevand er Østersøen, havnen, jordbunden og grund/overfladevandet på øen. I sidste ende vil alt behandlet vand ende i Østersøen. Restprodukter fra spildevandshåndtering kan sejles til Bornholm, hvor de kan blive kørt til forbrændingsanlæg, renseanlæg eller blive genanvendt i landbruget.

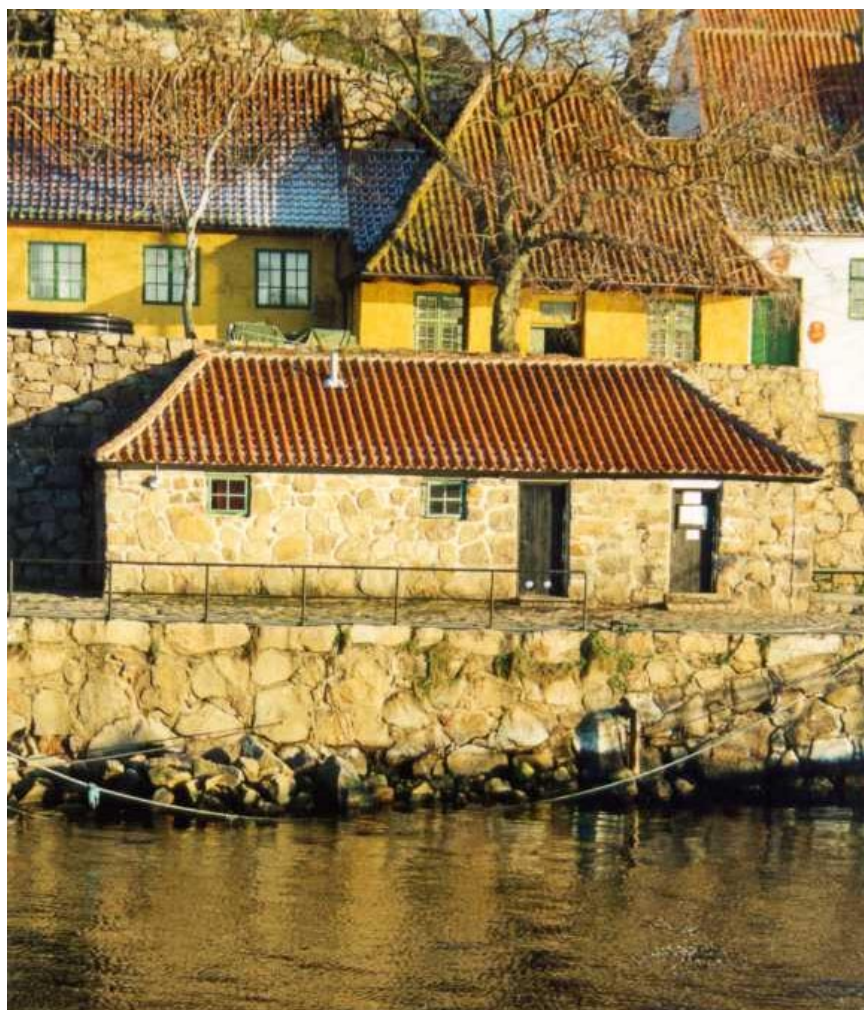
Christiansø er som klippeø ikke egnet til nedsivning. Ved nedsivning af spildevand i jorden er der på dele af øen risiko for forurening af øens ferskvandsressource. Toiletter skylles med saltvand. Nedsivning vil derfor resultere i saltforurening af jord og vand på øen.

Øens ringe udstrækning gør spredning af urin, fækalier eller slam vanskelig, da det er meget begrænsede arealer, der er egnede til formålet.

De små damme og vandhuller er af stor betydning for dyrelivet. Det er derfor vigtigt, at disse damme beskyttes mod forurening. Den største risiko udgøres på nuværende tidspunkt af øens 4 septiktank anlæg. I det projekterede renseanlæg planlægges en trykledning fra Lægeboligen til renseanlægget at passere lige forbi to damme. Et brud på denne ledning vil med stor sandsynlighed føre til forurening af disse damme.

Flere af øernes damme viser tegn på at være forurenede med næringsstoffer.

Udledning til havnen løber videre direkte til Østersøen. Udledning direkte til havnen resulterer desuden i æstetiske gener og i hygiejniske problemer i relation til badning og rensning af fisk i havnen. Disse problemer er størst i sommersæsonen.



Figur 3.3: Billede af toiletbygningen. Bemærk udløbet i molen.

Størstedelen af de permanent beboede bebyggelser er beliggende langs med havnen på Christiansø siden (Østre og Vestre længe):

- Afstanden til havnebassinet er gennemsnitligt ca. 25m.
- Afstanden fra kro og hotel til havnebassinet er ca. 25m.
- Afstanden fra Store proviantmagasin (offentlig toilet og bad) til havnebassinet er ca. 70m.

Fraregnes havnebassinet som mulig recipient, er afstanden fra Østre og Vestre længe mellem 50m og 150m til havet (uden for havneindløbet til Søndre havn).

Fra kroen og Store proviantmagasin er der henholdsvis ca. 225 m og 270 m til havet syd for Søndre havn. Afstanden fra alle bebyggelser på Frederiksø til havet er mindre end 75 m og for de flestes vedkommende 20-40m.

7. Hygiejniske forhold

Udledning af spildevand til havnen er det største hygiejniske problem. Embedslægen på Bornholm har konstateret at det vand, der benyttes til rensning af fisk i havnen, er forurenet (Forsvarets Bygningstjeneste, 1998). Men også den praksis, der anvendes i sommerhytterne, hvor latrinspande tømmes mellem klipperne, kan være hygiejnisk set u hensigtsmæssig. Ikke mindst for badende i

nærheden af de steder, hvor latrinspandene tømmes, rummer denne praksis en risiko.

Nogle få huse er som nævnt forsynet med septiktank og efterfølgende nedsivning, hvilket rummer en potentiel risiko for forurening af drikkevandet.

8. Arealer til genanvendelse af slam eller næringsstoffer

Genanvendelse eller deponering af næringsstoffer, slam eller kompost er kun muligt i meget beskedent omfang på Christiansø. Alternativet til lokal genanvendelse eller deponering kan være at sejle restprodukterne væk eller udlede dem til Østersøen. Volumen af eventuelle faste eller flydende restprodukter fra rensning skal derfor reduceres til et minimum.

Leijon & Salomonsson (1999) har identificeret i alt 1,3 ha jord på Christiansø, hvorpå der potentielt kan genanvendes næringssalte. Hvis den mængde næringssalte, der er beregnet som et overslag under punkt 5 skal genanvendes fuldstændigt, kræver det 6,7 ha. (Det er tilladt at sprede 30 kg P/ha/år jfr. Bekendtgørelse 823 af 16/9 1996 om anvendelse af affaldsprodukter til jordbrugsformål). Afstanden til egnede arealer på Bornholm er ca. 20 km til søs plus eventuel landtransport. Økonomisk og i relation til emissioner er landtransporten på Bornholm mindre, men dog betydende i forhold til den samlede transport.

9. Krav til miljøforbedringer ved nye systemalternativer

Forud for etablering af et spildevandssystem skal kravene til det fastsættes. Et nyt system skal adskille sig fra det eksisterende ved at:

- fjerne de æstetiske og hygiejniske gener fra havn og vandforsyning.
- reducere øvrige hygiejniske problemer.
- reducere belastningen af havnen (evt. Østersøen) med næringsstoffer og organisk stof.
- overholde de krav, der fastsættes for spildevandsudledningen.

Energiforbrug til rensning og bortskaffelse – og derved også til transport – skal reduceres mest muligt. Men på grund af transporten til Bornholm kan energiforbruget meget vel blive noget højere end energiforbruget fra tilsvarende anlæg andre steder i landet.

Det vil være vanskeligt at tilpasse et traditionelt renselanlæg til eksisterende bygninger eller til landskabet på en sådan måde, at anlægget ikke springer i øjnene.

3.3 Tekniske forhold

Eksisterende forhold og dimensioneringskriterier findes beskrevet i programoplægget for kloakreovering på Frederiksø og Christiansø (Forsvarets Bygningstjeneste, 1998). Enkelte centrale tal og oplysninger er resumeret i det følgende.

10. Eksisterende anlæg

Eksisterende afledning af spildevand er beskrevet i (Leijon & Salomonsson, 1999) og (Forsvarets Bygningstjeneste, 1998). De eksisterende ledninger modtager en del regnvand, som det ikke vil være hensigtsmæssigt at føre gennem et renselanlæg.

Ingeniørfirmaet Krüger har undersøgt det eksisterende kloaknet for FNS og vurderer, at systemet på nær en enkelt strækning (øst for Østre Længe på Christiansø) er i god stand. Driftslederen, der står for det daglige opsyn med systemet, oplyser at der er en del problemer med bl.a. tilstopning af rørene.

11. Tekniske rammer for nyanlæg

Ny kloakering er vanskelig på grund af klippegrund. Enhver form for anlæggelse af faskiner, sandfiltre eller bassiner er tilsvarende vanskeligt, fordi det vil kræve sprængningsarbejde.

Ifølge Forsvarets Bygningstjeneste (1998) vil et sandfilter til 450 PE kræve 1800 m² (eks. 60 m x 30 m). Det er ikke muligt at finde arealer i den størrelsesorden på Christiansø. Arealkravet sætter tilsvarende en begrænsning for mulighederne for udspredning og genanvendelse af urin og komposterede fækaler eller slam.

Med hensyn til rodzoneanlæg og andre plantebaserede anlæg skal man være opmærksom på, at det ifølge fredningsbestemmelserne som udgangspunkt er forbudt at indføre planter, der er fremmede for øen, eller at ændre på den generelle plantesammensætning.

Generelt er det et krav til et fremtidigt spildevandsanlæg på Christiansø, at det konstrueres så kompakt som muligt, og at det indpasses i forhold til naturen eller i bygninger.

3.4 Relation til andre områder

Der er i stedsanalysens øvrige del fokuseret på beskrivelsen af spildevandsforholdene og faktorer, der vedrører spildevand. I punkterne 12-14 er beskrevet nogle forhold, der ikke direkte vedrører spildevand, men som er nødvendige at inkludere i en stedsanalyse for at tegne et fyldestgørende billede af lokaliteten.

12. Affaldshåndtering

Affald brændes af på øen direkte på klipperne. Slaggerne opsamles og sendes til deponi på Bornholm. Der har været planer om at lave et mindre forbrændingsanlæg, men miljøstyrelsen har afvist ansøgningen med henvisning til, at det planlagte anlæg ikke opfylder gældende national og international lovgivning. Selvom de nuværende forhold er utilfredsstillende fandt Miljøstyrelsen ikke, at der var tilstrækkelig grund til at bevilge dispensation.

Der er etableret nogen grad af kildesortering. I øjeblikket indsamles olieaffald på havnen, organisk affald komposteres på øen, og flasker, glas, metal og i mindre grad storskrald indsamles og sendes til Bornholm. En lignende aftale kan blive relevant vedr. spildevand og slam.

13. Energiforsyning

Christiansø forsynes med el fra lokalt elværk. Elektriciteten produceres i et dieseldrevet generatoranlæg. Der er i øjeblikket ved at blive opført et nyt kraftvarmeværk med en større kapacitet.

Den permanent beboede del af Christiansø er i øjeblikket ved at blive lagt om til fjernvarme, der forsynes med overskudsvarme fra elværkets generatorer. Der etableres ikke fjernvarme på Frederiksø i denne omgang.

14. Vandforsyning

Drikkevandet indvindes fra overfladevand, der opsamles i Store Brønd ca. midt på Christiansø. Det lokale overfladevand har en ringe kvalitet, da det er umuligt at friholde Store Brønd for fugle og padder. Specielt fugle kan være en kilde til bakteriel forurening af drikkevandet. Den nuværende uhensigtsmæssige håndtering af spildevandet medfører også forurening af overfladevandet. Det er derfor nødvendigt med tilsætning af klor i relativt store mængder.

Vandværket er i øjeblikket ved at blive restaureret. Forbedringerne omfatter indsættelse af flere pumper, så vandet hele tiden cirkulerer rundt i vandværket, bedre iltning og en optimering af kulfiltre og klordosering. I sommerperioden fragtes desuden op til 16m³ ferskvand per døgn til Christiansø med postbåden Peter. Der bruges som nævnt saltvand til toiletskyl.

Vandforbruget på øen er lavt sammenlignet med landsgennemsnittet, eftersom beboerne er vant til at spare på vandet. Der er forventninger om at vandkvaliteten vil blive væsentligt forbedret ved ombygningen af vandværket.

3.5 Økonomiske forhold

Spildevandsudledning i det åbne land er blevet pålagt de samme udledningsafgifter som renseanlæg i byerne er pålagt. Afgiften er i øjeblikket (jfr. Miljø- og Energiministeriets Bek. nr. 923 af 5/12-1997 og Bek. nr. 636 af 21/8-1999):

- 20 kr. per kg total N
- 110 kr. per kg total P
- 11 kr. per kg BOD_{5,modificeret}

Denne afgift vil for Christiansø i alt udgøre 88.000 kr. årligt under de nuværende forhold. Der bliver ikke betalt udledningsafgift fra øerne på nuværende tidspunkt.

Det skitserede anlæg med kloakering og renseanlæg er estimeret til at koste 11-12 mio. kroner i 1998 priser (Forsvarets Bygningstjeneste 1998). Prisoverslaget er lavet på et meget beskedent grundlag og er behæftet med stor usikkerhed. Generelt er det vanskeligt at forudsige anlægsomkostninger på Christiansø, fordi forholdene er så specielle.

Generelt må det forventes, at etablering af nye anlæg bliver dyrere end tilsvarende anlæg andre steder pga. klippegrund, fredningsbestemmelser, vanskelige adgangsforhold osv.

Forsvarsministeriet står for driften af øerne. Midler til vedligeholdelse og renovering af infrastrukturen kommer således fra Forsvarsministeriet.

3.6 Institutionelle forhold

En række forskellige institutionelle vilkår er relevante for spildevandsplanlægningen.

15. Lovgivning og forventede renskrav

Christiansø er fredet i henhold til Bekendtgørelse nr. 576 af 20/11-1984 fra Miljø- og Energiministeriet. Fredningsbestemmelserne udgør en barriere i relation til anlægsarbejder på Christiansø. Enhver etablering af nyanlæg skal godkendes i henhold til fredningsbestemmelserne.

Som nævnt har Christiansø en særstatus i forhold til gældende lovgivning, da øerne administreres af forsvaret. Det er derfor uklart, hvilke krav der vil blive fastsat for udledningen af spildevand fra Christiansø. I det følgende afsnit gennemgås kort den eksisterende lovgivning angående udledningstilladelser og renskrav, samt Østersøkonventionens bemærkninger om udledning af husspildevand.

Miljøbeskyttelsesloven har bl.a. det formål at forebygge og bekæmpe forurening af vand, jord og luft. Der står bl.a., at stoffer, der kan forurene vandløb, søer eller havet, ikke må tilføres disse.

Østersøkonventionen indeholder lignende formuleringer. Ifølge konventionen er de omkringliggende lande forpligtigede til at fjerne og forebygge forurening fra landbaserede kilder ved at anvende den bedste miljømæssige praksis og den bedste tilgængelige teknik fra alle landbaserede kilder (Kommissionen for de Europæiske Fællesskaber, 1993).

Da der ikke er noget amt til at fastsætte udledningskravene er det Miljøstyrelsen, der skal fastsætte udledningskravene. Udledningstilladelsen vil blive givet ved at FNS og Christiansø's administration indsender en forespørgsel til Miljøstyrelsens

Spildevandskontor, der så vil tage stilling til hvilken rensning, der skal foretages af spildevandet.

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 forventes som fremtidige krav til et spildevandshåndtering på Christiansø.

16. Planlægning og forvaltning

Der er ikke på Christiansø en traditionel demokratisk organisering som i kommunerne og dermed heller ikke kommune- eller lokalplaner. Der er i stedet oprettet et øråd, der skal styrke udbredelsen af information og samarbejdet mellem beboerne og administrationen. Ørådet bliver løbende orienteret om spildevandsprojektet.

Forsvaret har ansat et administrator, der sammen med sin souschef - i denne rapport kaldet driftslederen - styrer den relevante del af infrastrukturen.

17. Organisering af kontrol

Den løbende kontrol af spildevandsudledningerne bør indarbejdes som en del af planene til håndtering af spildevandet. Traditionelt står amterne for kontrol af rensningen. Det er uklart, hvem der skal stå for denne kontrol på Christiansø. Driftslederen udtager i dag prøver på drikkevandet.

3.7 Aktørbaserede forhold

De forskellige aktører er centrale for valg af spildevandshåndtering - både vedrørende produktionen af spildevand samt drift og vedligehold.

18. Brugerne

Der er kloakeret i de permanent beboede huse. Udover forureningen af havnebassinet er de fastboende ikke umiddelbart særlig interesserede i spildevandssystemet.

Beboerne i sommerhytterne er vant til selv at håndtere deres latrin.

Turisterne bruger øens offentlige toiletter i havnen og ved Store proviant magasin. En del turister lader formodentlig vandet i naturen.

Det kan diskuteres, om turisterne er en barriere for et alternativt system, der stiller større krav til brugerne, eller om de udgør et potentiale for at oplyse om alternative systemer.

19. Andre aktører

Andre relevante aktører, der har betydning for spildevandsplanlægningen, er FNS, Administratoren, Driftslederen og Embedslægen. Dertil kommer aktører fra øvrige ministerier - primært Miljø- og Energiministeriet.

20. Viden og organisering

Driften af et kommende anlæg bør indgå som et element i planlægningsfasen. Den eksisterende viden og organisering omkring den tekniske infrastruktur må indgå som et udgangspunkt.

Administratoren og Driftslederen har tilsammen et stort overblik over praksis på øen. Planlægning og beslutninger vedr. spildevandshåndtering sker i et samarbejde mellem FNS og administratoren.

Beboerne informeres som nævnt gennem ørådet. Der er samtidig en tradition for at opsætte informationsskrivelser forskellige steder på øen. Erfaringerne vedrørende informationsvejene ved indførelsen af affaldssortering kan bidrage til planlægningen af informationen om ændringerne af spildevandshåndteringen.

3.8 Opstilling af typeområder

I dette afsnit inddeles Christiansø i nogle typeområder. Denne opdeling skal fungere som udgangspunkt for at opstille løsningsalternativer.

Der er forskel på hvilke spildevandssystemer, der er bedst egnet for områder med permanent beboelse, og hvilke systemer, der er egnet til områder domineret af turister. Inddelingen af en lokalitet i typeområder tjener således det formål at identificere relativt homogene delområder, så den efterfølgende vurdering er dækkende for hele delområdet.

Beskrivelsen af typeområderne inkluderer bygningerne i de enkelte områder, deres placering og deres nuværende sanitære status.

Typeområde inddeling for Christiansø

Christiansø inddeles i 6 områder, hvoraf nogle har meget få beboere og dermed små mængder spildevand (typeområdernes fysiske placering er illustreret på figur 3.4 - index i det følgende henviser til dette kort).

A.1. Bebyggelse langs havnen (Østre- og Vestre længe samt gamle kro)

I dette område bor størstedelen af øboerne. I område A.1 og D.2 tilsammen er der boliger til i alt ca. 100 personer. Der bor dog i øjeblikket lidt færre. Område A1 er kloakeret og har udløb til havnen via udløb 3-6. Belastningen må vurderes at være rimelig konstant over året. Ved dimensionering af spildevandshåndteringen skal der tages højde for, at den uudnyttede boligkapacitet igen kan blive taget i anvendelse samt at antallet af besøgende og turister kan stige.

B.1. Lægeboligen og Gamle kardusmagasin m. m.

Lægeboligen ligger på øens centrale del, et stykke fra hovedparten af øens bebyggelse, der er placeret nær havnen. Gamle Kardusmagasin er placeret ca. 100m nordvest for lægeboligen. Derudover er fire mindre hytter medtaget under område B.1. Hytterne er beliggende henholdsvis 50m og 100m syd for lægeboligen samt 50m nordøst og 130m øst for lægeboligen. Lægeboligen har afløb til en septiktank. Spildevandsmængderne er meget små i dette område - omkring 4 PE. Fra de øvrige bygninger tømmes latrinspandene formentlig mellem klipperne.

B.2. Skolen og Bagerens hus

Disse to bygninger ligger på øens nordlige del. En lille hytte beliggende 60m nord for Bagerens hus hører også under område B.2. Både skolen og Bagerens hus har afløb til septiktank. Belastningen på de to tanke er skønnet til henholdsvis 10 og 4 PE. I den nordlige hytte formodes det, at der anvendes latrinspand. Der vil i fremtiden ske kloakering til havnen fra dette område i forbindelse med fjernvarmeprojekt (indikeret på figur 3.1).

C.1. Sommerhytter på øens sydvestlige del

Dette område omfatter ca. 30 hytter beliggende øst og sydøst for Østre længe. Meget få (eller ingen) af hytterne benyttes til permanent beboelse. De fleste af hytterne lejes af 'hytteboere', der tilbringer en større eller mindre del af sommerhalvåret på Christiansø. Belastningen er derfor væsentlig større i turistsæsonen. Sæsonen må formodes at være længere for hytteboerne end for '3-timers turisterne'. Hytterne benytter sig i dag af tømning af latrinspand direkte mellem klipperne.

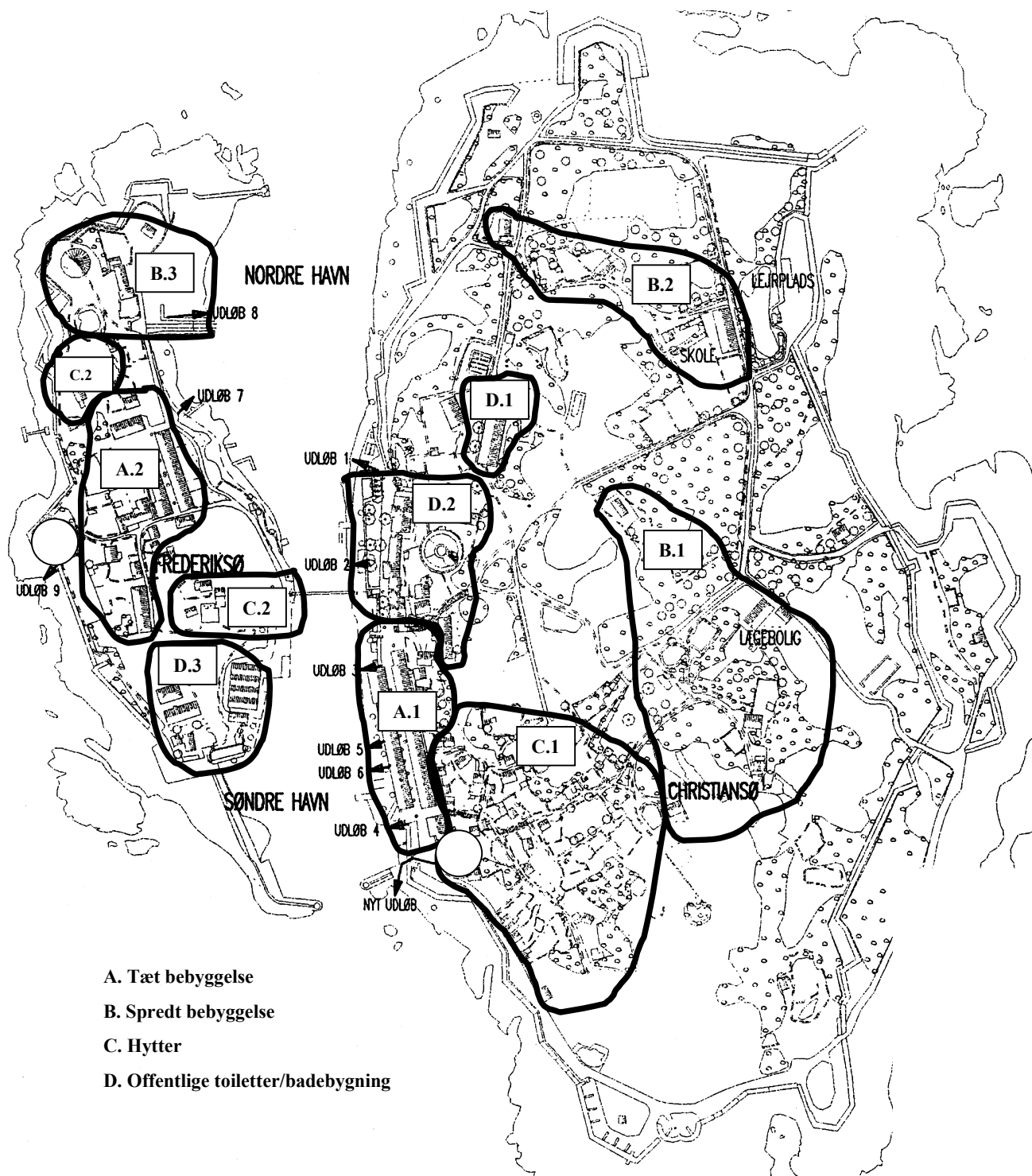
D.1. Store proviantmagasin (offentligt toilet og bad)

Store proviantmagasin er beliggende ved siden af kirken, ca. 50m nordøst for den nordlige ende af bebyggelsen langs ved havnen. Proviantmagasinet har udløb direkte til havnen via det i (Forsvarets Bygningstjeneste, 1998) benævnte udløb 1.

Udløbenes placering kan ses på figur 3.4. I vintersæsonen er belastningen fra dette område tæt på 0, men i sommersæsonen er der en stor belastning - fra område D.1 og D.2 skønnes der tilsammen at være 300 PE. Campister på teltpladsen og sejlede bader i denne bygning. Bygningen tjener som toilet for størstedelen af '3-timers turisterne' (op til 1000 om dagen) og en stor del af de overnattende turister.

D.2. Nordlige del af bygningerne langs med havnen fra kiosken til og med gl. Bryggeri

I dette område ligger bl.a. kiosk, kro (inkl. hotel), købmand, administration samt et offentligt toilet. Hele området er kloakeret og har udløb til havnen via udløb 1, 2 og 3. Ledningsnettet er i god stand (Leijon & Salomonsson, 1999) og (Forsvarets Bygningstjeneste, 1998). Udløb 1 afvander de nordlige bygninger. Udløb 2, der udleder vand fra det offentlige toilet, munder ud lige ved siden af Christiansøfartens anløbsplads, der står for størstedelen af turistfarten. Det er uheldigt, at turisternes første møde med Christiansø er toiletpapir mellem klipperne, hvilket ofte kan observeres. Resten af bygningerne afleder til udløb 3. Der er ganske stor forskel på belastningen sommer og vinter på grund af det offentlige toilet og kroen, der begge er højt belastet i sommer-sæsonen. Uden for turistsæsonen er belastningen fra dette område ganske lav. Alternative metoder i dette område kan have stor demonstrationsværdi.



- A. Tæt bebyggelse
- B. Spredt bebyggelse
- C. Hytter
- D. Offentlige toiletter/badebygning

Figur 3.4: Kort over typeområder på Christiansø

Typeområde inddeling for Frederikse

Frederikse kan inddelles i 4 typeområder.

Belastningen fra område A.2, B.3 og D.3 er opgjort totalt til 40 PE, hvoraf ca. 30 PE stammer fra område A.2.

A.2. Bebyggelse på den centrale del af øen fra Månen til Gamle sygehus

Langt størstedelen af bygningerne på øerne befinder sig i dette område. Bortset fra Månen, der er forsamlingshus, og nogle enkelte hytter, er bygningerne permanent beboede. Området er kloakeret og har udløb til havnen via udløb 7 og 9. Østre længe, Vestre længe og Månen har udløb til havnen via udløb 7, de øvrige bygninger til øens vestside via udløb 9.

B.3. Smedeboligen og Bådsmandsboden

I alt rummer området fire bygninger inklusiv Lille tårn, der fungerer som museum. I Smedeboligen findes en af øernes to sildeforarbejdnings virksomheder. Området har afløb til havnen via afløb 8. Der forekommer lugtgener fra sildeforarbejdningen i beboelsesdelen af smedens bolig.

C.2. Sommerhytter midt på øen

Området omfatter 5 små sommerhytter beliggende mellem område A.2 og D.3 og 3 hytter beliggende mellem område A.2 og B.3. Den sanitære status er uvis, men hytterne benytter sig formodentlig af tømning af latrinspande mellem klipperne. Belastningen opgøres til 10-15 PE, men der er sandsynligvis en del forskel på sommer og vinter belastning.

D.3. Statsfængslet, Malerens hus og Kanonbådeskuret

Området rummer bebyggelsen på Frederikse' sydlige del. Den største del af spildevandet fra dette område stammer fra Statsfængslet, der i dag er gæstebolig med plads til ca. 10 PE.

Vurdering af typeområder

Ved en sammenligning af typeområderne ses det, at nogle områder er karakteriseret ved stort set de samme afløbs- og beboelsesforhold.

A. Tæt bebyggelse: område A.1 og A.2 indeholder størstedelen af de permanent beboede bygninger. Begge områder er karakteriseret ved at være væsentlig tættere bebygget end de øvrige områder og ved at have en nogenlunde jævn spildevandsbelastning over året.

B. Spredt bebyggelse: område B.1 og B.2 på Christiansø og område B.3 på Frederikse er meget ens i karakter. Alle områder kan beskrives som permanent bebyggelse i åbent land. Ved en grovere område indeling, der ikke anvender geografisk placering som kriterie, kunne disse områder med fordel slås sammen til ét område.

C. Hytter: område C.1 og C.2 er begge sæsonbeboelse i åbent land (hytter). Spildevandsbelastningen er meget skævt fordelt over året. Det nuværende spildevandssystem er meget primitivt (tømning af latrinspande mellem klipperne).

D. Områder med offentlige toiletter: område D.1 og D.2 på Christiansø og område D.3 på Frederikse er alle karakteriseret ved meget lav belastning om vinteren og stor belastning i turistsæsonen, fordi en stor del af turistaktiviteterne er centreret omkring disse områder.

Som skitseret ovenfor kan de 10 beskrevne områder altså reduceres til 4 områder, uden opdelingen efter typer af bebyggelse går tabt. Ved en opdeling i kun 4

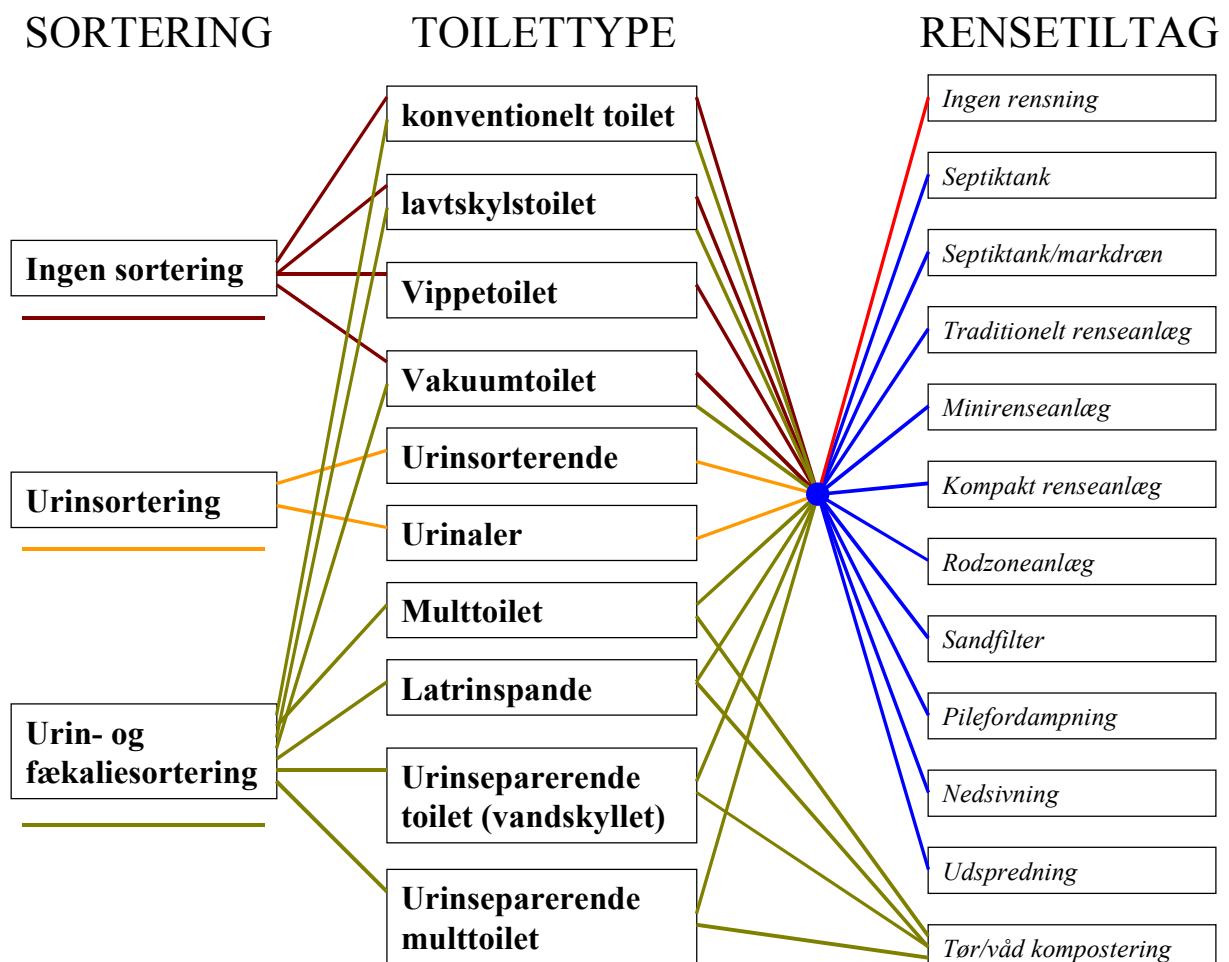
typeområder vil den geografiske opdeling i nogen grad gå tabt. Til gengæld opretholdes en inddeling i 4 overordnede "boligtyper", der danner grundlag for opstillingen af massebalancerne for de 6 alternative spildevandsløsninger for Christiansø, der i det følgende vil blive udvalgt og vurderet.

4 Mulige spildevandsløsninger på Christiansø

I dette kapitel findes en gennemgang af mulige spildevandsløsninger på Christiansø. Der indledes med en generel gennemgang og beskrivelse af mulige spildevandssystemer på Christiansø. Herefter følger en kommenteret opdeling for hver af de 4 "boligtper", som er blevet beskrevet i kapitel 3:

- Tæt bebyggelse
- Spredt bebyggelse
- Hytter
- Områder med offentlige toiletter

Først opstilles en liste over alle teoretisk mulige løsninger uden at skelne til de fysiske forhold på den givne lokalitet. Denne liste er præsenteret i bilag B og kompleksiteten illustreres ved figur 4.1. Herefter blev der arbejdet med at udpege de løsninger, der ud fra en række kriterier blev anset for at være mulige på Christiansø.



Figur 4.1: Illustration af bruttoliste.

Kriterier for mulig løsning

En mulig spildevandsløsning på Christians bør på baggrund af den indledende stedsanalyse opfylde følgende kriterier:

- Der kræves ingen specifik miljøperformance (kravene er ikke fastsat på forhånd), men der skulle være en vis bredde i løsningernes rensgrader og de anvendte teknologier.
- Der skal arbejdes med synergi mellem teknologier, således at eksempelvis dårlig rensning for én parameter kunne opvejes ved at kombinere med anden teknologi.
- Løsningen må ikke stille store driftskrav til brugeren.
- Der skal tages udgangspunkt i de eksisterende forhold på Christiansø, mht. komfort/hygiejne og anlæg.
- De fysiske begrænsninger og forskellige institutionelle forhold skal tages i betragtning såsom: areal, hygiejneproblemer ved nedsivning (forurening af overfladevand - drikkevand), overvejende klippegrund samt fredningsbestemmelser.
- Løsningen må godt have en vis demonstrationsværdi.

Den indledende stedsanalyse har endvidere vist at "grønne anlæg" (sandfiltre, rodzoneanlæg etc.) er vanskelige at etablere i forbindelse med en spildevandshåndtering på Christiansø. Dette skyldes primært disse anlægs store arealkrav (harmonerer ikke med fredningsbestemmelserne) men også de omfattende anlægsarbejder der vil være forbundet med sådanne løsninger (herunder sprængningsarbejder). Hertil kommer at fredningsbestemmelser forbyder at indføre nye planter til Christiansø, f.eks. i forbindelse med etablering af rodzoneanlæg. Således er disse anlægstyper ikke medtaget i den videre opstilling og vurdering.

Med udgangspunkt i ovenstående har det været muligt at nedskære bruttolisten og udpege de løsninger, det er muligt at implementere på den givne lokalitet, Christiansø. I bilag C gives der en dybere forklaring til hver enkelt løsning, herunder en vurdering af potentielle rensetiltag. For en mere uddybende vurdering af de enkelte rensetiltag i relation til toilet-, håndterings- og spildevandstype henvises altså til bilag C.

4.1 Mulige spildevandsløsninger

I det følgende gennemgås mulige spildevandsløsninger ud fra graden af sortering, den fysiske udformning (toilettype) samt mulige rensetiltag. Spildevandssystemerne er af hensyn til overskueligheden opdelt i:

- ikke-sorterende løsninger
- urinsorterende løsninger
- urin- og fækaliesorterende løsninger

Ikke-sorterende løsninger

Blandt spildevandsløsningerne figurerer en række forskellige ikke-sorterende løsninger, dvs. løsninger hvor urin, fækalier og gråt spildevand blandes, behandles og afledes sammen.

Den praktiske udførelse af løsningerne kan basere sig på en række forskellige toilettyper, der for de ikke-sorterende løsninger primært vil have betydning for

vandforbruget og dermed for spildevandsmængden. Dette har bl.a. betydning for omfanget af et eventuelt transportbehov til Bornholm og kapaciteten af eventuelle renselanlæg.

De forskellige toilettyper omfatter principielt:

- konventionelle toiletter (9 l/skyl)
- lavtskylstoiletter (kan potentielt give problemer med tilstopning af kloak, 3-6 l/skyl - reduktion af spildevandsmængder: 28 l/PE/dag)
- vippetoilet (reduktion af spildevandsmængder: 45 l/PE/dag)
- vakuumtoiletter (forudsætter etablering af vakuumanlæg, 0,8 l/skyl - reduktion af spildevandsmængder: 57 l/PE/dag)

Rensetiltag ved ikke-sorterende løsninger omfatter:

- Ingen rensning
- Rensning i septiktanke
- Konventionelt renselanlæg på Bornholm
- Konventionelt renselanlæg på Christiansø
- Rensning i kompakt renselanlæg
- Rensning i lokale minirenselanlæg

Urinsorterende løsninger

De urinsorterende løsninger omfatter løsninger, hvor den menneskelige urin adskilles fra den øvrige spildevandsstrøm.

Selve udførelsen af de urinsorterende løsninger er primært baseret på anvendelsen af urinsorterende toiletter hvor fækalier og urin adskilles og urinen opsamles i en tank. Fækalier og skyllevand ledes til rensning. De urinsorterende toiletter kan reducere den samlede spildevandsmængde med omkring 28-35 l/PE/dag og reducere N og P belastningen af spildevandsstrømmen med hhv. 97% og 55% (jfr. tabel 3.3).

Rensetiltag for det resterende spildevand ved urinsorterende løsninger omfatter de samme tiltag som ved de ikke-sorterende løsninger.

Urin- og fækaliesorterende løsninger

De urin- og fækaliesorterende løsninger omfatter løsninger hvor både urin og fækalier frasorteres spildevandsstrømmen, enten som to adskilte fraktioner eller sammen. Det resterende spildevand kaldes gråt spildevand. Ved urin- og fækaliesorterende løsninger reduceres spildevandets belastning med NPO med hhv. 99%, 75 % og 41% (jfr. tabel 3.3).

Hvis urinen og fækalierne frasorteres som to adskilte fraktioner, opsamles de i hver deres tank. Alternativt kan de opsamles via separat ledningsnet (reduktion af den samlede spildevandsmængde med 28-35 l/PE/dag). Denne adskillelse kan ske vha. urinsorterende, vandskyllende toiletter eller urinseparatorende multitoiletter.

Hvis urin og fækalier håndteres sammen, opsamles de vha. følgende toiletsystemer:

- Konventionelt toilet
- Lavtskylstoilet
- Multtoilet - latrinspande (ikke vandforbrugende)
- Vakuumtoilet

Rensetiltag ved urin- og fækaliesorteringe løsninger kan for det sorte spildevand omfatte:

- Rensning i septiktank
- Konventionelt renseanlæg på Bornholm
- Konventionelt renseanlæg på Christiansø
- Rensning i kompakt renseanlæg
- Rensning i minirensanlæg

For det resterende grå spildevand kan rensningen omfatte:

- Ingen rensning
- Udledning via septiktank/fedtfang
- Konventionelt renseanlæg på Bornholm
- Konventionelt renseanlæg på Christiansø
- Rensning i kompakt renseanlæg
- Rensning i minirensanlæg

I det følgende vurderes de mulige løsninger i relation til de 4 overordnede boligtyper præsenteret i kapitel 3.

For en mere uddybende vurdering af de enkelte rensningstiltag i relation til toilet-, håndterings- og spildevandstype henvises til bilag C.

4.2 Spildevandsløsninger i de 4 overordnede typeområder

Tæt bebyggelse

Den tætte bebyggelse omfatter de permanente boliger (fastboende) på Christiansø svarende til typeområderne A.1 og A.2 og er i dag kloakeret direkte til havnen. Spildevands-belastningen fra den tætte og spredte bebyggelse fremgår af Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Spildevandsbelastningen i PE (sommer) fordelt på typeområder.

Typeområde	Persongrupper	Antal PE
Tæt og spredt bebyggelse	fastboende/besøgende	195
Hytter	hytteboere	150
Offentlige toiletter	camping/båd og 3-timers turister	290
Total		635

Mulige spildevandsløsninger for den tætte bebyggelse omfatter både ikke-sorterende og sorterende løsninger.

De ikke-sorterende løsninger er favoriseret for denne boligtype eftersom den tætte bebyggelse er kloakeret. Således er det muligt at opsamle og rense spildevandet fra de fastboende centralt. Ligeledes vil det være muligt at opsamle spildevandet og pumpe det direkte ud i Østersøen via en lang rørføring.

En urinsorteringe løsning for den tætte bebyggelse vil medføre omkostninger til installation af urinsorteringe toiletsystemer, men også resultere i en drastisk reduktion i udledningen af næringsstoffer til Østersøen (jfr. de fastboendes andel af den totale næringsstofbelastning).

Alternativt kan der installeres urinaler i kombination med konventionelle toiletter, hvilket dog ikke anses for værende et realistisk alternativ for denne type af beboelse. Dette skyldes overvejelser omkring økonomien og de fysiske forhold.

Udvælgelsen af selve renseltaget skal bero på en vurdering af tiltagets arealkrav, brud på fredningsbestemmelser, sprængningskrav og forventede udledningskrav.

Spredt bebyggelse

Den spredte bebyggelse omfatter bebyggelsen i typeområderne B.1, B.2 og B.3. Den totale belastning fra tæt og spredt bebyggelse svarer til antallet af fastboende og besøgende (jfr. tabel 4.1). Områderne er delvis kloakeret og der anvendes latrinspande og septiktanke. Der findes få hytter i områderne, men generelt er der tale om permanent beboelse.

Mulige spildevandsløsninger for den kloakerede del af den spredte bebyggelse omfatter både ikke-sorterende og sorterende løsninger. For den ikke-kloakerede del er det mest realistisk at anlægge samletanke istedet for eksisterende septiktanke. De få hytter kan tømme deres latrinspande i disse samletanke. Tømning af tankene kan foregå vha. vogn eller fast trykledning til det øvrige kloaknet.

Hytter

Hytteområderne på Christiansø omfatter hytter i typeområderne C.1 og C.2. Belastningen fra hytteområderne antages koncentreret til sommerperioden (60 dage) og udgør ca. 150 PE, jfr. kapitel 3.

Det grå spildevand fra hytterne er ikke medtaget i analysen, fordi mængden er meget lille (der er ikke indlagt vand) og fordi det formodentligt spredes ud i haven og lignende. Kategoriseringsmæssigt betyder det, at mulige løsninger kommer til at høre under 'urin og fækaliesorterende løsninger' fordi det grå spildevand er sorteret fra. Alle former for toiletter, der kræver vand indlagt eller kloakering, er ikke medtaget fordi det anses for urealistisk at kunne føre ledninger i hytteområderne.

For ikke at ændre for meget på de eksisterende forhold (og dermed brugerkrav), ses det derfor at være mest rigtigt at bibeholde det eksisterende system med latrinspande til opsamling af urin og fækalier i forbindelse med hytterne. Der kan evt. installeres urinseparerende latrinspande for minimering af lugtgener.

I stedet for, at disse latrinspande tømmes i klipperne, kan der etableres en brønd i forbindelse med kloaksystemet for den tætte bebyggelse (på grænsen mellem typeområderne), hvori tømningen foregår. Dette vil ikke ændre den nuværende tømningspraksis for hytteboerne (hverken hygiejnisk eller fysisk).

Generelt kan det siges at den rensning der sker af det sorte spildevand fra hytterne, skal vælges så den kan kobles på den, der vælges for den tætte bebyggelse og de offentlige toiletter.

Offentlige toiletter

De offentlige toiletter omfatter typeområderne D.1, D.2 og D.3 som det fremgår af kapitel 3. Belastningen på de offentlige toiletter er maksimal i sommerperioden og omfatter ca. 365 PE.

Mulige løsninger for de offentlige toiletter omfatter både ikke-sorterende og sorterende løsninger. Eftersom de offentlige toiletter er kloakeret, er de ikke-sorterende løsninger favoriseret for denne boligtype. Dette betyder at spildevandet samles via eksisterende kloaknet og renses på Christiansø inden udledning til Østersøen. Renseltaget vælges i relation til den tætte bebyggelse ved en vurdering af de samme overordnede kriterier.

En urinsorterende løsning for de offentlige toiletter vil medføre omkostninger til installation af urinsorterende toiletsystemer, men også resultere i en drastisk reduktion i udledningen af næringsstoffer til Østersøen (jfr. boligtypens andel af den totale næringsstofbelastning).

Udover de urinsorterende toiletter kunne der etableres urinaler i kombination med et konventionelt toilet. Dette anses dog for at være et ikke realistisk alternativ for de offentlige toiletter. Dette grunder bl.a. i økonomiske og pladsmæssige aspekter omkring en sådan løsning. Etablering af vandfrie urinaler vil gøre urinen mere koncentreret samt reducere volumen. De vandfrie urinaler kan dog bruges som vandbesparende tiltag uden egentlig opsamling af urin.

En urin- og fækaliesorterende løsning anses for oplagt på de offentlige toiletter til at håndtere den belastning, der genereres af turisterne (3-timers, camping/båd og hytteboere) om sommeren. Hertil kommer at afløbssystemet er koncentreret fysisk. Sådanne løsninger indbefatter installation af vandbesparende toiletter (lavtskyls-, vippe- eller vakuumtoiletter) for at reducere volumen af det opsamlede materiale. Hvis der alligevel skal ske en renovering af kloaknettet kunne man overveje at indlægge trykledninger i de gamle rørføringer og således undgå eventuelle tilstopningsproblemer ved nye toiletsystemer (lavtskyls-, vippe- og vakuumtoiletter).

Et vakuumsystem anses således for at være et rimeligt teknologivalg for de offentlige toiletter. Urin- og fækalier opsamles i sommermånederne (ca. 60 dage) og sejles til Bornholm hvor det kan tilføres kloaknettet med efterfølgende rensning. Det er oplagt at det opsamlede materiale fra hytterne tilføres et offentligt vakuumsystem.

4.3 Valg og illustration af spildevandsløsninger

Med udgangspunkt i den foreløbige analyse af mulige spildevandssystemer på Christiansø (kapitel 4.1-4.2 samt bilag B og bilag C) er der blevet udvalgt og opstillet 6 alternative spildevandshåndteringssystemer (heriblandt en traditionel løsning) som med rimelighed vil kunne implementeres på Christiansø. Principperne for de 6 håndteringssystemer er forklaret i afsnit 4.3.1 - 4.3.6.

For nogle af de overordnede typeområder (hytter og spredt bebyggelse) er løsningsforslagene meget ens, eftersom udvalget af realistiske løsninger for disse områder er meget snævert. For hytterne anses det for at være mest realistisk at opsamle urin og fækalier i latrinspande, som det er gældende praksis. For de få ejendomme (uden kloakering) under den spredte bebyggelse er etablering af samletanke det mest realistiske. Det opsamlede materiale i latrinspande og samletanke ledes til kloaknettet via brønde, vogn eller trykledning. Det egentlige rensningstiltag for spildevandet fra hytter og den spredte bebyggelse er derfor koblet direkte sammen med det, der vælges for de offentlige toiletter og den tætte bebyggelse.

De udvalgte løsninger varierer som oftest i rensningstiltaget for de offentlige toiletter og den tætte bebyggelse, eftersom størstedelen af belastningen kommer fra disse områder. Nogle af løsningerne fokuserer derfor på at håndtere spidsbelastningen om sommeren (turister/offentlige toiletter), hvor andre reducerer belastningen jævnt henover året (fastboende/tætte bebyggelse).

De kompakte renselanlæg (Actiflo) ses som et godt alternativ til et traditionelt renselanlæg på Christiansø. Arealkravet er væsentligt mindre til disse anlæg end til traditionelle anlæg, og muligheden for at indpasse dem i den eksisterende

bebyggelse er derfor tilstede. Rensegraderne i et kompakt anlæg er lavere end i et traditionelt renseanlæg, men det vil kunne overholde de forventede udledningskrav. Begge anlægstyper resulterer i en jævn reduktion i udledningen henover året.

Hvis sommerbelastningen fra de offentlige toiletter skal fjernes effektivt, anses opsamling og bortskaffelse af urin og fækalier som den mest relevante løsning. Et vakuumsystem med meget lavt skyllevolumen (for at minimere spildevandsvolumen og dermed transportarbejdet) vælges, eftersom det ikke er fysisk muligt at installere multitoiletter på de offentlige toiletter (kræver omfattende sprængningsarbejder).

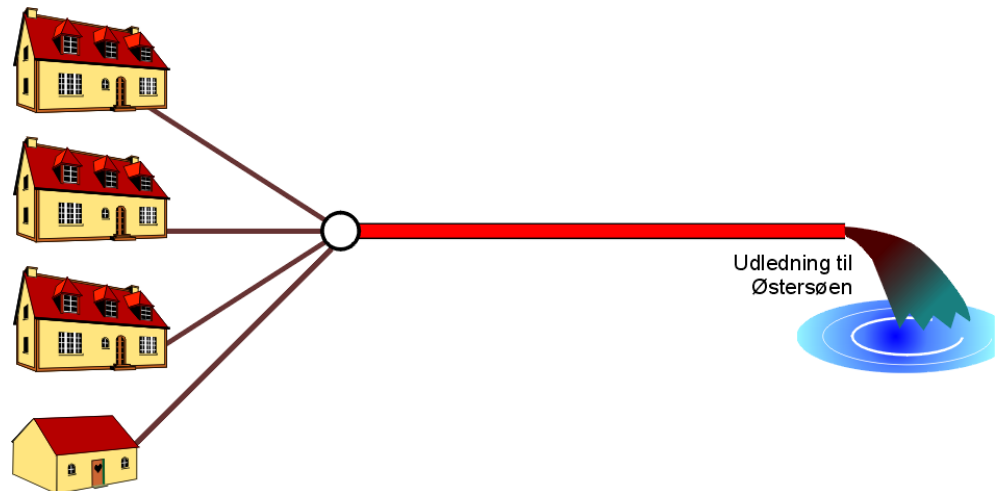
Ved at foretage opsamling og bortskaffelse af urin fra de offentlige toiletter og den tætte bebyggelse opnås en kraftig reduktion i NPO-udledningen. Urinopsamlingen kombineres med et kompaktanlæg (Actiflo), eftersom hovedparten af kvælstoffen i spildevandet er fjernet ved urinsorteringen. Dette er en synergi imellem teknologierne, eftersom Actiflo-anlæg har dårlig kvælstofreduktion (ca. 18%). Denne løsning er taget med for at vise hvor stor en reduktion der faktisk kan opnås ved at etablere et spildevandssystem. Ligeledes kan løsningen demonstrere sorterende toiletsystemer.

Der er således tale om 6 principløsninger, der er resultatet af den foreløbige vurdering af mulige spildevandsløsninger på Christiansø. Der henvises til bilag D (teknologibeskrivelser) for en mere detaljeret beskrivelse og vurdering af de opstillede systemer. Løsningerne bliver præsenteret i det følgende.

De 6 løsningers betydning for belastningen af Østersøen med NPO fremgår af kapitel 5.

4.3.1 Lang rørføring ud i Østersøen

Løsningen omfatter etablering af en lang rørføring ud i Østersøen for at fjerne belastningen af havnebassinet. Samtlige udløb samles i en fællesledning og ledes til en pumpestation for den lange rørføring (ca. 300 meter).

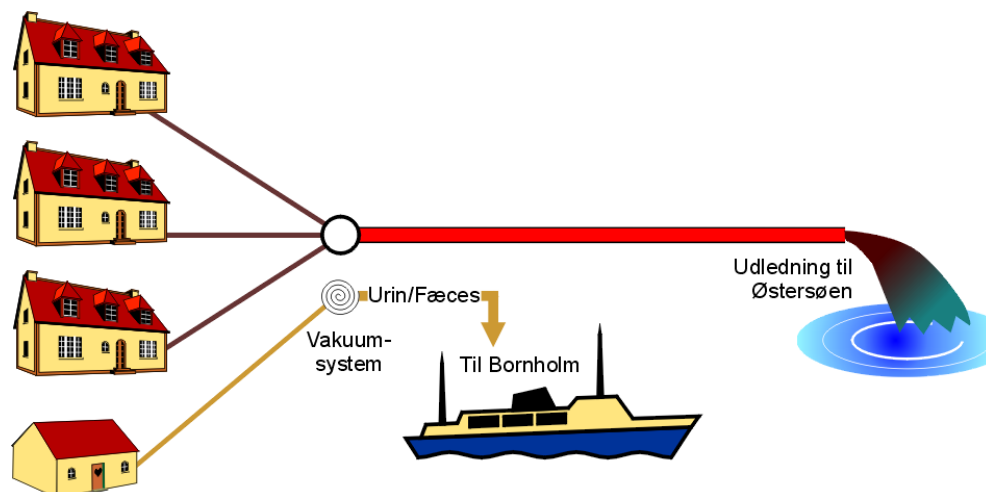


- Ingen ændring af eksisterende toiletforhold (udover igangværende renoveringer).
- Alle eksisterende udløb samles i en fællesledning og alle udløb på Christiansø-siden føres under havnen til Frederikssø (Forsvarets Bygningstjeneste, 1998).
- Der etableres en lang rørføring (inkl. pumpestation) ud i Østersøen fra eksisterende udløb nr. 9 på Frederikssø.
- Løsningen medfører direkte udledning af urensset spildevand (som ved de eksisterende forhold).
- Det er en løsning på de æstetiske og hygiejniske problemer i havnen.
- Der etableres en samletank i forbindelse med lægeboligen på Christiansø (Spredt bebyggelse - område B.1). Det opsamlede materiale pumpes til kloaknettet.
- Det sorte spildevand fra hytter (typeområde C.1 og C.2) opsamles i latrinspande. Der etableres brønde i typeområde A.1 og A.2, således at hytteboerne kan tømme deres latrinspande i den eksisterende kloak. Der opsættes vandhane og børster for rengøring af latrinspande.

4.3.2 Offentlige vakuumtoiletter / lang rørføring

Løsningen omfatter etablering af offentlige vakuumtoiletter for opsamling af turisternes sorte spildevand. Det resterende spildevand udledes urensset til Østersøen via en lang rørføring.

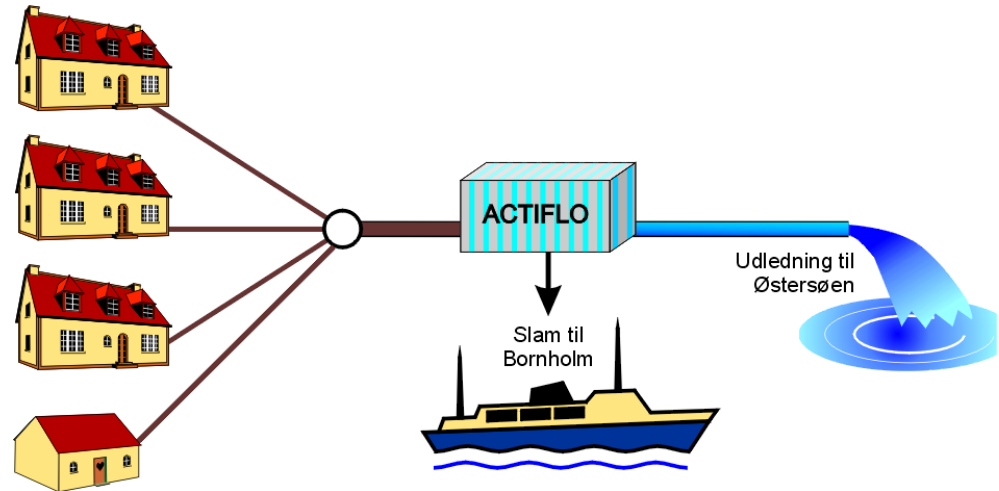
Opsamlet materiale i vakuumsystemet sejles til Bornholm.



- Der installeres et vakuumsystem på de offentlige toiletter med tilhørende tankanlæg.
- Vakuumsystemet skal kun modtage spidsbelastningen fra turisterne om sommeren (60 dage).
- Vakuumsystemet har et lavt skyllevandsforbrug (ca. 0,8 liter/skyl) hvilket medfører reducerede spildevandsmængder fra turisterne.
- Tankene tømmes dagligt og det opsamlede materiale (sort spildevand) sejles til Bornholm med Postbåden Peter (efter ombygning).
- Indholdet af latrinspandene fra hytteboerne tømmes i en samletank, placeret ved grænsen til typeområde A.1 og A.2 og tilføres vakuumsystemet.
- Der etableres en samletank i forbindelse med lægeboligen på Christiansø (Spredt bebyggelse - typeområde B.1). Det opsamlede materiale pumpes til kloaknettet.
- Det øvrige spildevand (fra tæt og spredt bebyggelse samt gråt spildevand fra de offentlige toiletter) fra Christiansø udledes til Østersøen via en lang rørføring fra udløb nr. 9 på Frederikssø.
- Det er en løsning på de æstetiske og hygiejniske problemer i havnen.

4.3.3 Kompakt renselæg (ACTIFLO)

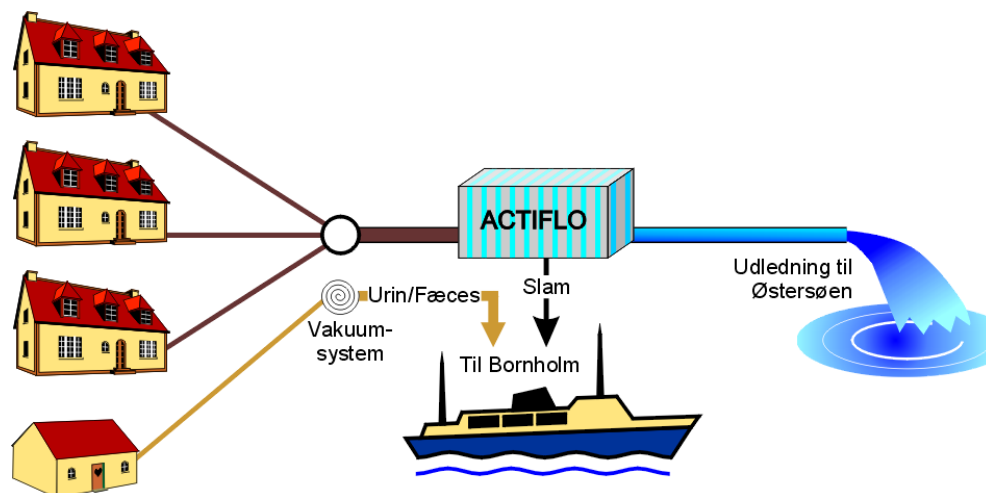
Løsningen omfatter etablering af et kompakt renselæg (Actiflo) på Frederikssø med overvejende mekanisk/kemisk rensning. Samtlige udløb samles i en fælles ledning og ledes til Actiflo-anlæg. Slam fra Actiflo-anlæg sejles til Bornholm.



- Ingen ændring af eksisterende toiletforhold (udover igangværende renoveringer).
- Alle eksisterende udløb samles i en fællesledning og alle udløb på Christiansø-siden føres under havnen til Frederikssø (Forsvarets Bygningstjeneste, 1998).
- Ved eksisterende udløb nr. 9 etableres centralt kompakt anlæg af typen Actiflo (Bentsen et al., 1998).
- Det er en løsning på de æstetiske og hygiejniske problemer i havnen.
- Der etableres en samletank i forbindelse med lægeboligen på Christiansø (Spredt bebyggelse - typeområde B.1). Det opsamlede materiale pumpes til kloaknettet.
- Det sorte spildevand fra hytter (typeområde C.1 og C.2) opsamles i latrinspande. Der etableres brønde i typeområde A.1 og A.2, således at hytteboerne kan tømme deres latrinspande i den eksisterende kloak.
- Slam fra Actiflo-anlæg sejles til Bornholm.

4.3.4 Offentlige vakuumtoiletter / Actiflo

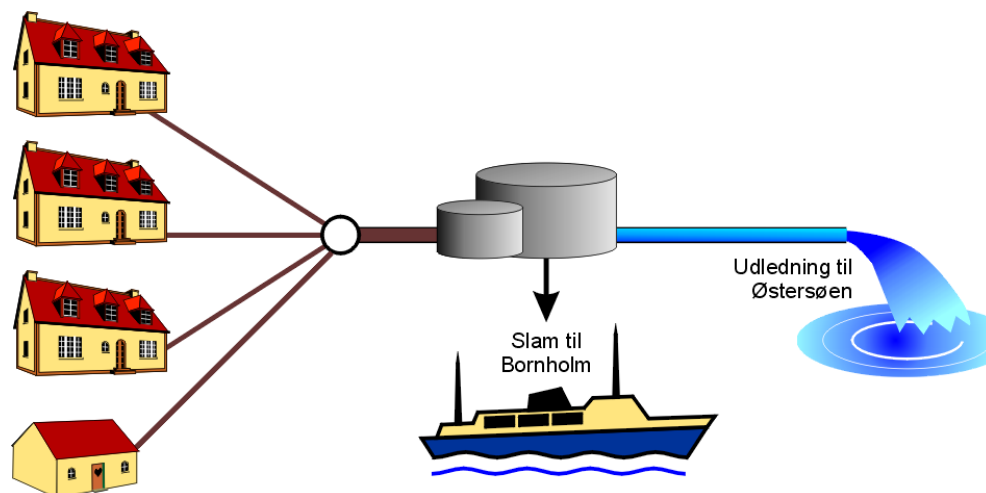
Løsningen omfatter etablering af offentlige vakuumtoiletter for opsamling af turisternes sorte spildevand. Det resterende spildevand renses i Actiflo-anlæg. Opsamlet materiale i vakuumsystemet samt slam fra Actiflo-anlæg sejles til Bornholm.



- Der installeres et vakuumsystem på de offentlige toiletter med tilhørende tankanlæg.
- Vakuumsystemet skal kun modtage spidsbelastningen fra turisterne om sommeren (60 dage).
- Vakuumsystemet har et lavt skyllevandsforbrug (ca. 0,8 liter/skyl) hvilket medfører reducerede spildevandsmængder fra turisterne.
- Tankene tømmes dagligt og det opsamlede materiale (sort spildevand) sejles til Bornholm med Postbåden Peter (efter ombygning).
- Indholdet af latrinspandene fra hytteboerne tømmes i en samletank, placeret ved grænsen til typeområde A.1 og A.2 og tilføres vakuumsystemet.
- Der etableres en samletank i forbindelse med lægeboligen på Christiansø (Spredt bebyggelse - typeområde B.1). Det opsamlede materiale pumpes til kloaknettet.
- Det øvrige spildevand (fra tæt og spredt bebyggelse samt gråt spildevand fra de offentlige toiletter) fra Christiansø udledes til Østersøen via en lang rørføring fra udløb nr. 9 på Frederikssø.
- Det er en løsning på de æstetiske og hygiejniske problemer i havnen.

4.3.5 Traditionelt renselanlæg

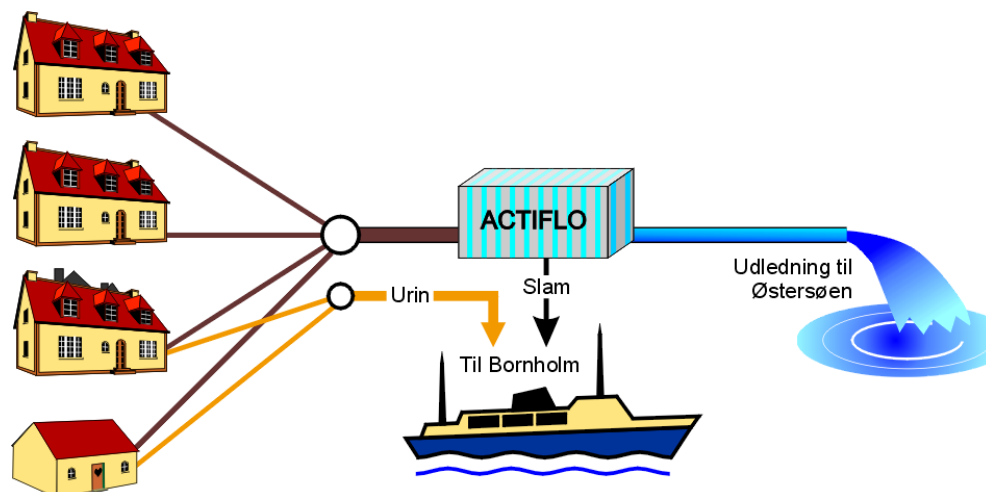
Løsningen omfatter etablering af et traditionelt renselanlæg med mekanisk, biologisk og kemisk rensning på Frederikssø. Samtlige udløb samles i en fælles ledning og ledes til renselanlægget. Slam fra renselanlæg sejles til Bornholm.



- Ingen ændring af eksisterende toiletforhold (udover igangværende renoveringer).
- Alle eksisterende udløb samles i en fællesledning og alle udløb på Christiansø-siden føres under havnen til Frederikssø (Forsvarets Bygningstjeneste, 1998).
- Ved eksisterende udløb nr. 9 etableres centralt renselanlæg (Forsvarets Bygningstjeneste, 1998).
- Det er en løsning på de æstetiske og hygiejniske problemer i havnen.
- Der etableres en samletank i forbindelse med lægeboligen på Christiansø (Spredt bebyggelse - typeområde B.1). Det opsamlede materiale pumpes til kloaknettet.
- Det sorte spildevand fra hytter (typeområde C.1 og C.2) opsamles i latrinspande. Der etableres brønde i typeområde A.1 og A.2, således at hytteboerne kan tømme deres latrinspande i den eksisterende kloak.
- Slam fra renselanlæg sejles til Bornholm.

4.3.6 Opsamling af urin / Actiflo

Løsningen omfatter urinopsamling fra den tætte bebyggelse og de offentlige toiletter. Det resterende spildevand renses i Actiflo-anlæg på Frederikssø. Samtlige udløb samles i en fælles ledning og ledes til Actiflo-anlæg. Urin og slam fra Actiflo-anlæg sejles til Bornholm.



- Der installeres urinsorterende toilet i forbindelse med den tætte bebyggelse og i områderne med offentlige toiletter (typeområde A.1, A.2, D.1, D.2 og D.3).
- Den opsamlede urin sejles til Bornholm.
- Alle eksisterende udløb samles i en fællesledning og alle udløb på Christiansø-siden føres under havnen til Frederikssø (Forsvarets Bygningstjeneste, 1998).
- Ved eksisterende udløb nr. 9 etableres centralt kompakt anlæg (Bentsen et al., 1998).
- Det er en løsning på de æstetiske og hygiejniske problemer i havnen.
- Der etableres en samletank i forbindelse med lægeboligen på Christiansø (Spredt bebyggelse - typeområde B.1). Det opsamlede materiale pumpes til kloaknettet.
- Det sorte spildevand fra hytter (typeområde C.1 og C.2) opsamles i latrinspande. Der etableres brønde i typeområde A.1 og A.2, således at hytteboerne kan tømme deres latrinspande i den eksisterende kloak.
- Slam fra Actiflo-anlæg sejles til Bornholm.

5 Stedsanalyse for Christiansø – trin II

I det følgende afsnit vil der blive opstillet massestrømme for de udvalgte spildevandsløsninger. Dette er en del af baggrunden for en vurdering af spildevandsløsningerne. Ved opstilling af massestrømmene er der taget udgangspunkt i forskellige forudsætninger og antagelser, som findes i den indledende stedsanalyse i kapitel 3 samt i bilag A.

Med udgangspunkt i den indledende stedsanalyse, hvor der blev opstillet forudsætninger og massestrømme for vand, N, P og BOD₅ for Christiansø, er der i det følgende opstillet massestrømme for N, P og BOD₅ for de 6 udvalgte principløsninger (kapitel 4.3).

Efterfølgende illustreres det resulterende transportbehov af slam og urin/fækalier ved hver enkelt spildevandsløsning.

5.1 Massestrømme for N, P og BOD₅

Resulterende udledning af N, P og BOD₅

Tabel 5.1 og figur 5.1 sammenstiller de 6 alternativer ud fra deres resulterende udledning af N, P og BOD₅ til Østersøen.

Tabel 5.1: Belastning med N, P og BOD₅ fra de spildevandsløsninger, der indgår i projektet. Tallene er angivet i kg/år samt i rensegrad (%), udregnet i forhold til den samlede spildevandsproduktion (tabel 3.4).

	N		P		BOD ₅	
	kg/år	rensegrad (%)	kg/år	rensegrad (%)	kg/år	rensegrad (%)
Eksisterende forhold	760	~0	198	1	4024	13
Lang rørføring (4.3.1)	760	~0	198	1	4024	13
Offentlige vakuumtoiletter (4.3.2)	526	31	150	24	3489	25
Kompakt anlæg (Actiflo) (4.3.3)	624	18	30	85	402	91
Vakuumtoilet / Actiflo (4.3.4)	431	43	22	89	349	92
Traditionelt renselanlæg* (4.3.5)	114	85	20	89	201	96
Urinopsamling / Actiflo (4.3.6)	57	93	13	94	366	92
Forventede renskrav +	686	10 %	180	10 %	3242	30 %

* mekanisk/biologisk/kemisk rensning - MBNDK (mekanisk ~ forventede renskrav).

+ forventede krav svarer til mekanisk rensning, jfr. afsnit 3.6.

Det bemærkes at 50 % af N og P (ca. 2 kg N og P / år) og 85 % af BOD₅ (ca. 607 kg BOD₅ / 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.

For løsningen med traditionelt renselanlæg på Frederikssø (4.3.5) arbejdes der med den rensegrad, der findes på et biologisk renselanlæg med kvælstof og fosfor fjernelse.

Den lange ledning ud i Østersøen (4.3.1) medfører, som det fremgår af opgørelsen, ikke nogen egentlig rensning af spildevandet, kun reduktion ved lokal udspredning af gråt spildevand (primært hytte og camping).

Actiflo-løsningen (4.3.3) er ikke effektiv mht. reduktion af kvælstof (ammonium), men lever op til de forventede udledningskrav. Af samme grund er der en synergieffekt mellem disse kompaktanlæg og urinopsamling som nedbringer kvælstofbelastningen effektivt.

Det mest effektive (største reduktion af miljøbelastningen med NPO) alternativ er derfor urinopsamlingsløsningen kombineret med Actiflo (4.3.6) hvor størstedelen af urinen opsamles og genanvendes som gødning i landbruget på Bornholm (eller tilføres renseanlæg). Det bemærkes at denne løsning også er mere hensigtsmæssig end den traditionelle løsning, som ydermere kræver et omfattende anlægsarbejde. Løsningen med urinopsamlingen vil kræve et vist anlægsarbejde og transportarbejde (med tankbil og færge).

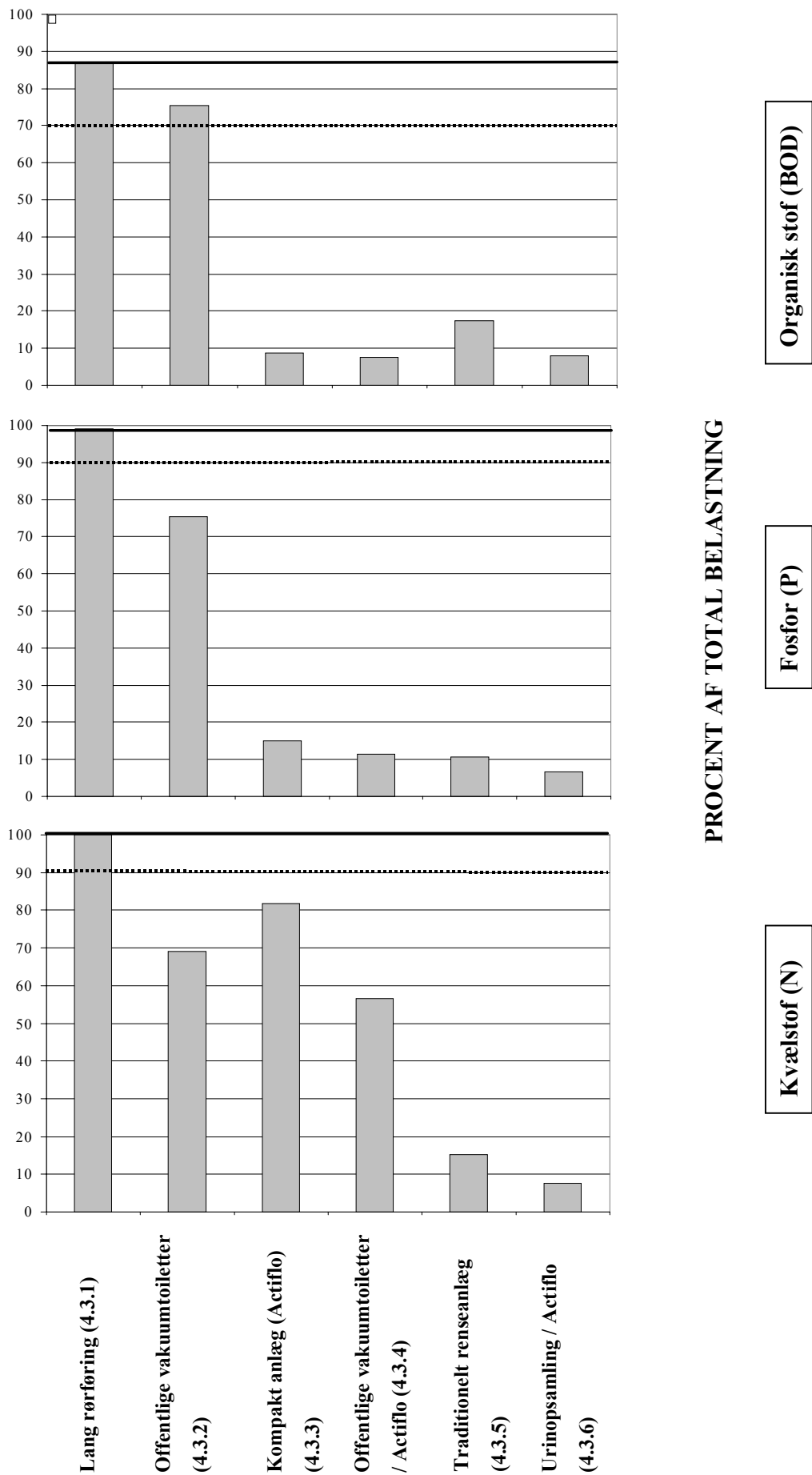
Den anden sorterende løsning, der er blevet valgt, er en urin- fækaliesorterende løsning med installation af offentlige vakuumtoiletter (4.3.2). Som det fremgår af opgørelsen renses løsningen tilstrækkeligt for N og P, mens udledningen af organisk stof ligger lige over det forventede tilladte niveau. Suppleres tiltaget med et Actiflo-anlæg (4.3.4), opfyldes kravene.

I tabel 5.1 og figur 5.1 er den resulterende udledning fra de 6 alternativer sammenstillet med de forventede udledningskrav til spildevandshåndteringen på Christiansø. Sammenfattende fremgår det at alle alternativer, hvori der indgår sortering/rensning, lever op til kravene. Dog ligger løsningen med offentlige vakuumtoiletter (ikke suppleret med Actiflo) lidt under kravet mht. organisk stof. Den lange ledning ud i Østersøen lever ikke op til kravene men er taget med for at illustrere den belastning af Østersøen, som Christiansø bidrager med på nuværende tidspunkt. Ligeledes er den taget med for at kunne diskutere, hvorvidt det overhovedet er "rimeligt" at rense de forholdsvis beskedne spildevandsmængder fra Christiansø inden udledning til Østersøen.

En egentlig vurdering af de 6 alternativer følger i et senere kapitel, hvor andre kriterier for vurderingen også vil blive inddraget.

FORVENTET TILLADT UDLEDNING

EKSISTERENDE FORHOLD



Figur 5.1: Resulterende udledning af kvælstof, fosfor og organisk stof til Østersøen ved de vurderede spildevandsløsninger.

5.2 Transportbehov for slam og urin

Hver enkelt spildevandsløsning medfører et transportbehov for slam, urin og fækalier, som vil blive vurderet i detaljer i det følgende. Der regnes generelt med en slamproduktion (i tørstof) på 40 g TS/PE/dag for traditionelle renseanlæg (Forsvarets Bygningstjeneste, 1998). Ligeledes regnes der for de kompakte renseanlæg (Actiflo) med en slamproduktion på ca. 6 % af de behandlede spildevandsmængder (bilag D).

Nogle af spildevandssystemerne medfører tillige en borttransport af adskilte fraktioner (urin eller urin og fækalier). Disse mængder er ligeledes medtaget i nedenstående opgørelser. Detaljerede beregninger der danner baggrund for opgørelsen findes i bilag A.

*Transportbehov
af slam/urin*

Tablet 5.2: Behov for transport af opsamlet spildevand, urin og slam til Bornholm fra de spildevandsløsninger, der indgår i projektet. Tal i m³/år.

Løsning	Urin/spildevand	Slam	Total
Lang rørføring (4.3.1)	0	0	0
Offentlige vakuumtoiletter (4.3.2)	141 (urin/fækalier)	0	141
Actiflo (4.3.3)	0	86 (570)	86 (570)
Offentlige vakuumtoiletter samt Actiflo (4.3.4)	141 (urin/fækalier)	63 (417)	204 (558)
Traditionelt renseanlæg (4.3.5)	0	16 (106)	16 (106)
Urinopsamling/ Actiflo (4.3.6)	168 (urin)	86 (570)	254 (738)

De angivne slammængder udenfor parentes svarer til et tørstofindhold på 20 %, hvilket kan opnås ved at afvande slammet lokalt inden transport. Tal i parentes svarer til et indhold på 3 procent. Opgørelsen af totale mængder svarer til summen af urin/spildevand og slam med et tørstofindhold på 20 %.

Det bemærkes at transportbehovet for løsninger med offentlige vakuumtoiletter ikke er baseret på afvanding af opsamlet materiale inden borttransport. En sådan afvanding vil nemlig resultere i en lavere rensegrad (for NPO) for disse løsninger, eftersom vandet fra slamafvandingen igen må betragtes som spildevand.

Tabel 5.3: Behov for transport (sommer/vinter) af opsamlet spildevand, urin og slam til Bornholm fra de spildevandsløsninger, der indgår i projektet. Tal i m³/dag.

Løsning	Sommer		Vinter	
	Urin/ spildevand	Slam	Urin/ Spildevand	Slam
Lang rørføring	0	0	0	0
Offentlige vakuumtoiletter	2,4 (urin/fækalier)	0	0	0
Actiflo	0	0,6 (4,1)	0	0,2 (1,1)
Offentlige vakuumtoiletter samt Actiflo	2,4 (urin/fækalier)	0,23 (1,5)	0	0,2 (1,1)
Traditionelt renseanlæg	0	0,13 (0,9)	0	0,03 (0,18)
Urinopsamling/ Actiflo	1,3 (urin)	0,6 (4,1)	0,3 (urin)	0,2 (1,1)

Som det fremgår af tabel 5.3 er der generelt ikke noget voldsomt transportbehov af slam (efter afvanding) for de fleste løsninger. Dog vil der være et vist dagligt transportbehov af urin/fækalier til Bornholm ved installation af offentlige vakuumtoiletter.

5.3 Aftagemuligheder på Bornholm

I forbindelse med en løsning med offentlige vakuumtoiletter kan der blive tale om tilledning af opsamlet materiale til et renseanlæg på Bornholm. Det er blevet undersøgt, hvorvidt en sådan tilledning er mulig (hvor og hvordan), og omkostninger forbundet hermed er blevet undersøgt.

Modtageanlæg på Bornholm

I Svaneke ligger der et renseanlæg af samme type (MBNDK) som de af Vandmiljøplanen godkendte anlæg i Bornholms Amt (disse ligger i Tejn, Neksø og Rønne (Miljøstyrelsen, 1999)). Den nuværende belastning på anlægget i Svaneke er 4.071 PE (Bornholms Amt, 2000). Rensegraderne for BOD₅, N og P ligger på henholdsvis 98, 80 og 82 %.

Udledningskravene til anlægget i Svaneke er 20 og 1,5 mg/l for henholdsvis BOD₅ og Total-P. Umiddelbart ville dette anlæg være en oplagt modtager af spildevandet fra Christiansø. Herved slipper man nemlig for landtransport på Bornholm (spildevandet kan formentlig hældes i Svaneke havns kloaksystem), hvilket vil gøre løsningerne med bortsejlad af spildevand mere økonomisk forsvarlige og mindre miljøbelastende. Kloakspildevandet kan pumpes direkte i kloaksystemet i Svaneke havn – dog skal der tages højde for mulige transportproblemer i rørføringen.

Det skal overvejes om anaerobe forhold og dermed dannelse af svovlbrinte kan opstå i forbindelse med transporten. Eksempelvis kunne tilsættes nitrat som iltningmiddel. Detaljer omkring en sådan tilslutning bør undersøges, hvis alternativet med offentlige vakuumtoiletter skal realiseres.

5.4 Økonomiske forhold

I henhold til Neksø kommunes tekniske forvaltning er der umiddelbart ingen problemer med at modtage de forholdsvis beskeden mængder kloakspildevand fra Christiansø om sommeren. Eftersom Svaneke havn i forvejen modtager kloakspildevand fra skibe og tillæder dette Svaneke renseanlæg, kan Christiansø også få lov til at gøre dette uden tilslutningsafgift.

Tilledningsafgift Dog skal der betales en toldningsafgift på 14 kr/m³ excl. moms (fra 2001). Der skal regnes med en opkoncentreringsfaktor på ca. 6 eftersom spildevandet er højkoncentreret. Dette skyldes at ovennævnte toldningsafgift er baseret på normalt-koncentreret kloakspildevand. Med ca. 2,4 m³/dag (løsningen med offentlige vakuumtoiletter) skal man altså regne med ca. 200 kr/dag excl. moms for at få spildevandet behandlet på Bornholm (Svaneke).

5.5 Institutionelle forhold

I det følgende gennemgås lovgivningen i forbindelse med modtageordninger for kloakspildevand fra skibe på Christiansø, hvilket kan have betydning for dimensioneringen af en spildevandsløsning.

Afsnittet er skrevet i henhold til Lov om beskyttelse af havmiljøet, Lov nr. 476 af 30 juni 1993 fra Miljø- og Energiministeriet. Ligeledes indgår betragtninger fra Miljø- og Energiministeriets Bek. nr. 576 af 20/11-1984. De fremsatte paragraffer i Lov nr. 476 af 30 juni 1993 søger at forebygge og begrænse forureningen af miljøet (særligt havmiljøet) fra skibe, luftfartøjer og platforme.

Udtømning af kloakspildevand

I henhold til Lov nr. 476 af 30 juni 1993 fra Miljø- og Energiministeriet må udtømning af kloakspildevand på dansk søterritorium og i Østersøområdet kun finde sted såfremt:

Udtømningen foregår under anvendelse af et godkendt anlæg til behandling af kloakspildevand, og spildevandet ved udløbet fra anlægget ikke frembringer synlige spor i havet.

Spildevandet er findelt og desinficeret i et godkendt anlæg og udtømningen sker i en afstand af mindst 4 sømil fra nærmeste kyst eller

Udtømningen foretages i en afstand af mindst 12 sømil fra nærmeste kyst.

Foretages udtømningen fra en tank til opsamling og opbevaring af kloakspildevand, skal skibets eller platformens fart endvidere være mindst 4 knob, og udtømningen skal ske med moderat udløbshastighed.

Hertil kommer at Miljøministeren kan fastsætte særlige regler for udtømning af kloakspildevand, herunder forbud mod udtømning i havne, bugter, fjorde og lign. områder eller forbud mod udtømning fra bestemte skibe.

Modtageordninger for kloakspildevand

Et sådant forbud gælder ikke for Christiansø havn, og Christiansø har derfor en lovgivningsmæssig forpligtigelse til at modtage kloakspildevand fra skibe.

I henhold til Miljø- og Energiministeriets Bek. nr. 631 af 27/6-2000, skal der i alle havne etableres en ordning til modtagelse af kloakspildevand. Ligeledes skal der etableres et særligt koblingsled mellem modtageanlæg og skib.

Fredningsbestemmelser

I henhold til "Bekendtgørelsen om fredning af øgruppen Ertholmene og omliggende søterritorium" (Miljø- og Energiministeriets Bek. nr. 576 af 20/11-1984) skal enhver foranstaltning til bortskaffelse af fast affald, spildevand og løsning af sanitære problemer aftales mellem forsvarsministeriet og fredningsstyrelsen, særligt vedrørende søterritoriet.

I følge samme bekendtgørelse må der ikke henkastes eller anbringes affald på øgruppen.

Ovenstående gennemgang af de institutionelle forhold vedr. modtageordninger for kloakspildevand på Christiansø har vist, at der er en vis uoverensstemmelse mellem fredningsbestemmelserne og de lovgivningsmæssige forpligtelser omkring modtagelse af kloakspildevand fra skibe. Disse uoverensstemmelser skal afklares forud for etablering af en egentlig spildevandsløsning, eftersom dimensioneringen af denne afhænger heraf.

6 Vurdering af de opstillede spildevandssystemer

6.1 Vurderingsmetode

Ved multikriterievurderingen foretages en vurdering af de mulige løsninger i forhold til et eller flere referencesystemer. Mulige referencesystemer i denne forbindelse kan f.eks. være:

- En traditionel renseløsning,
- Eksisterende løsning,
- 'State of the art' mht. bæredygtig spildevandshåndtering.

Da vurderingsværktøjet inddrager det lokale sted som udgangspunkt for vurderingerne om bæredygtighed, vil prioriteringen af kriterierne være forskellige fra case til case.

Valg og gruppering af hvilke kriterier, der skal medtages, udgør en væsentlig del af vurderingen, idet kriterierne danner grundlaget for den samlede vurdering og skaber sammenhæng mellem stedsanalysen, de udvalgte kriterier og vurderingen.

6.2 Vurderingskriterier

Antallet af kriterier kan variere fra sted til sted, fordi lokaliteten og herunder eventuelle interesser indgår som en del af udgangspunktet for vurderingen. Antallet af kriterier er en afvejning af, dels et tilstrækkeligt højt antal så en fornuftig struktur kan opnås, dels et tilstrækkeligt lavt antal så overblikket ikke mistes. Det største problem med opstilling af kriterierne er struktureringen af de elementer, der er indeholdt i kriterierne på en sådan måde at alt væsentligt er talt med én gang og at intet er talt med to steder.

Vurderingskriterier

Der er i det følgende anvendt 8 vurderingskriterier, der beskrives kortfattet nedenfor:

Ressourceforbrug og miljøbelastning (Miljø) - i anlæg, drift og bortskaffelse, potentiale for genanvendelse, transportbehov samt lokale og globale miljøeffekter, herunder emissioner.

Hygiejne og sikkerhed (Hygiejne) - hygiejneforhold lokalt og regionalt, sikkerhed ved brug og drift.

Drift og vedligeholdelse (Drift) - driftssikkerhed og behov for menneskelige ressourcer (økonomiske og tidsmæssige krav til drift, vedligeholdelse, uddannelse af brugere og driftspersonale).

Brug og renholdning (Brug) - komfort, varme, lugt, støj, enkelthed i brug og rengøring.

Økonomi - investeringskrav, drift, rentabilitet, omkostningseffektivitet - mest miljø for pengene.

Selvforvaltning - lokal recirkulering, deltagelse, forståelse og indflydelse på beslutninger, anlæg og drift.

Robusthed - fleksibilitet i forhold til ændringer i krav, lovgivning og produktion af spildevand (herunder mertilførsel fra skibe).

Demonstrationsværdi - fremvisning af alternative teknologier for at udbrede kendskabet til disse.

6.3 Vurdering af enkeltkriterier

I vurderingen inddrages de aspekter, som er specifikke for de 4 overordnede typeområder (tæt og spredt bebyggelse, hytter og offentlige toiletter) og for det samlede system (alle typeområderne). Vurderingen findes sammenfattet i tabel 6.1.

Systemerne (de 6 principløsninger) er vurderet i forhold til den eksisterende løsning og omfatter de 8 overordnede kriterier.

Miljø og hygiejne

Miljøvurderingen af løsningerne bunder alene i deres resulterende belastning af Østersøen, jfr. kapitel 5. Vurderingen af de hygiejniske forhold er fokuseret på forholdene i havnen og ved klipperne, hvor hytteboerne tømmer deres latriner.

Overordnet gælder, at udledningen fra Christiansø er lille og har forsvindende lille betydning for Østersøen. På grund af strømforholdene og dybden omkring øen vurderes den eneste væsentlige effekt af den gældende praksis at være uhygiejniske og uæstetiske forhold som følge af spildevandsudløb i havnen og i klipperne, hvor latrinspande tømmes.

En løsning, hvor spildevandet samles og ledes væk fra havnen vil løse disse problemer. Alle løsninger medfører en væsentlig forbedring af de hygiejniske problemer ved den eksisterende udledning af spildevand direkte til havnen. Ved tømning af latrinspandene fra hytterne i fælles brøndanlæg forbedres hygiejnen lokalt.

Miljøforholdene ved de foreslåede løsninger sammenfattes i det nedenstående:

Miljøforholdene er bl.a. vurderet i forhold til de krav, der forventes opstillet ved en myndighedsbehandling af Christiansø's spildevandsforhold.

- Alle de opstillede løsninger løser de hygiejniske problemer i havnen og i klipperne, hvor latrinspandene tømmes.
- For alle løsninger gælder at latrinerne i hytterne og de deraf følgende hygiejniske forhold bevares.
- Alle løsninger undtagen den lange rørføring medfører en væsentlig reduktion i udledning af NPO til Østersøen.
- Et traditionelt renseanlæg (4.3.5) vil reducere udledningen til Østersøen væsentligt samt leve op til de forventede renskrav og til eventuelle fremtidige skærpede krav.
- Actiflo (4.3.3) som eneste rensiltag resulterer i en væsentlig reduktion af belastningen med P og BOD₅ og vil leve op til de forventede renskrav.

- Løsningen med urinopsamling og Actiflo-anlæg (4.3.6) resulterer i den bedste reduktion af NPO-belastningen, og vil kunne leve op til de forventede renskrav og eventuelle fremtidige skærpede krav.
- Genanvendelsespotentialet er størst ved urinopsamling, men den mængde af næringsstoffer, der kan opsamles med urinen er meget lille set i jordbrugssammenhæng, og næringsstofferne kan ikke anvendes lokalt.
- Løsningen med de offentlige vakuumtoiletter og en lang ledning (4.3.2) resulterer i en afskæring af sommerens spidsbelastning og reducerer på årsbasis udledningen i næsten samme omfang som en mekanisk rensning, der ville leve op til de forventede renskrav. Den lever dog ikke op til det forventede renskrav for BOD₅ (30 %).
- Offentlige vakuumtoiletter kombineret med Actiflo (4.3.4) vil leve op til de forventede renskrav.
- Ved alle rens- og sorteringsløsninger opstår behov for transport af slam mm. til Bornholm, bortset fra den lange ledning.

Det skal bemærkes at der ikke foretages en decideret livscyklusanalyse af miljøeffekterne (herunder ressourceforbrug) ved anlæg, drift og bortskaffelse af opsamlet materiale i forbindelse med de forskellige løsninger.

Drift og brug

De væsentligste driftsopgaver i forbindelse med det eksisterende spildevandssystem er at sikre, at kloakken fungerer. Hertil kommer tømning af hytternes latriner, der også kan regnes for en driftsfunktion.

For alle løsninger gælder, at latrinerne i hytterne med de dertil hørende problemer med komfort, drift og håndtering bevares.

Ved ombygning af systemet vil omfanget af driftsproblemer afhænge af, hvordan kloakeringen bliver ændret. I det omfang, den eksisterende kloak bevares, vil den også fortsat give anledning til driftsproblemer. Nye pumpestationer og trykledninger vil derimod ikke medføre væsentlige driftsproblemer.

Både et traditionelt rensanlæg og et kompakt anlæg som Actiflo vil være forsynet med SRO-anlæg. Under normale forhold vil driftskravet være på niveauet ugentlige tilsyn.

Velfungerende vakuumsystemer giver ikke store problemer i brug og drift under normale forhold. Toiletterne er dog følsomme over for "sabotage", hvor fremmedlegemer (hygiejnebind, håndklæder etc.) stopper ventiler og rør.

De urinsorterende toiletter, der findes på markedet, er ikke færdigudviklede. En løsning med urinsorterende toiletter kræver derfor et lokalt engagement hos driftsfolkene, for at de kan fungere som offentlige toiletter. Sorteringen i urinsorterende toiletter kræver, at brugerne sidder ned. På offentlige toiletter kan det derfor være hensigtsmæssigt at supplere toiletterne med urinaler. Toiletterne stiller krav om højere frekvens af rengøring end traditionelle toiletter eller vakuumtoiletter.

Økonomi

I projektet indgår ikke en projektering af de enkelte løsninger og derfor heller ikke en detaljeret vurdering af de økonomiske forhold. Fælles for løsningerne er, at omfanget af kloakering og kloakrening vil have stor indflydelse på de samlede projektkomkostninger.

Alle løsninger kræver forøgede driftsudgifter i forhold til det eksisterende anlæg. Hvis kloaksystemet bliver renoveret, vil der kunne spares mindre beløb på den løbende vedligeholdelse.

Det vurderes, at den dyreste løsning vil være etablering af urinopsamling med efterfølgende rensning af det resterende spildevand. Den billigste løsninger vil være etablering af en lang rørføring ud i Østersøen.

Selvforvaltning

I forhold til den oprindelige projektbeskrivelse er selvforvaltningsperspektivet, efter aftale med Christiansø's forvaltning, nedtonet i løbet af projektet. Det skyldes bl.a., at der har været meget fokus på kraftvarmeprojektet på Christiansø, og at spildevandsproblemet ikke fylder meget i dagligdagen for øernes beboere.

For valget af løsninger har det betydet, at der for de fastboende primært er fokuseret på traditionelle, centrale løsninger, der kræver et minimum af engagement fra brugerne. Eneste undtagelse er løsninger med urinsorterende toiletter, der vil kræve udskiftning af toiletterne og accept og samarbejde fra brugerne for at sikre en tilfredsstillende urinkvalitet. Denne løsnings perspektiv er imidlertid begrænset af, at lokal recirkulering af næringsstoffer ikke er muligt pga. arealkrav og de fysiske forhold på Christiansø.

I alle de foreslåede projekter vil hytteboerne fortsat selv skulle bortskaffe deres latrin. Det vurderes, at denne løsning er acceptabel for brugerne, idet den har fungeret gennem mange år. Etablering af brønde (forbundet til kloaknettet) til tømning af latrinspande vil kunne lette tømningen og forbedre hygiejnen i de områder, hvor spandene hidtil er blevet tømt. Dette kan dog medføre hygiejneproblemer ved brønden, der således vil være et offentligt sted. Det vurderes imidlertid at dette er at foretrække fremfor de eksisterende forhold.

Brugerne af de offentlige toiletter vil ved vakuumløsningerne og i endnu højere grad ved de løsninger, der kræver urinsorterende toiletter, skulle vise mere hensyn ved toiletbesøg.

Robusthed

Løsninger, hvor spildevandet opsamles og renses, resulterer i en væsentlig bedre rensning, end der kræves i dag (forventede krav). Disse løsninger er derfor mere fremtidssikrede end de øvrige løsninger. Vurderingen i tabel 6.1 er udelukkende foretaget ud fra en forventning om, at der i fremtiden vil blive stillet krav til en spildevandshåndtering på Christiansø.

Det skal dog bemærkes at robustheden af løsningerne også skal vurderes i forhold til en fremtidig situation, hvor der ikke kommer nogle specifikke krav til en løsnings miljømæssige præstation. Enhver nutidig løsning med opsamling og rensning af spildevandet fra Christiansø ville således være unødvendig, hvis der ikke i fremtiden stilles nogle særlige krav og dermed ikke robust. Nødvendigheden af en given løsning skal sættes i relation til de miljø- og energimæssige omkostninger der er forbundet med anlæg, drift og vedligeholdelse.

Udledning af urensset spildevand er under alle omstændigheder problematisk i forhold til gældende regler. Ved ændring af danske eller internationale love eller konventioner kan der ske yderligere stramminger, der vil umuliggøre denne praksis.

Demonstrationsværdi

I projektbeskrivelsen indgår overvejelser om, at man skulle introducere alternative toiletsystemer (eks. urinsorterende toiletter eller multitoiletter) på Christiansø for at fremvise og demonstrere dem for turisterne. Eftersom disse løsninger ikke kan

indpasses i de fysiske forhold på lokaliteten (der er ikke mulighed for lokal genanvendelse af næringsstoffer), bortfalder en sådan demonstrationsværdi.

Løsningen med offentlige vakuumtoiletter vil demonstrere et vandbesparende toiletsystem med opsamling af urin og fækalier med efterfølgende bortskaffelse. Da den miljømæssige gevinst ved denne løsning i forhold til udledning gennem en lang rørledning er tvivlsom, og da vakuumtoiletter ikke kan forventes at vinde indpas i private hjem, er demonstrationseffekten tvivlsom. Det bør dog endeligt bemærkes at de sorterende løsninger, jfr. tabel 6.1, har en større demonstrationseffekt end de eksisterende forhold.



Figur 6.1: Billede af Østre og vestre længe

6.4 Sammenfattende vurdering

I nedenstående tabel findes en sammenfattende vurdering af de seks spildevandssystemer i forhold til de eksisterende forhold. Vurderingsskalaen spænder fra, at det foreslåede system er meget dårligere/dyrere/besværligere end det eksisterende (---) til at det er meget bedre (+++).

De seks systemer kan således sammenlignes inden for hver af de otte vurderingsparametre. Sammenligningen kan derimod ikke ske vandret, idet parametrenes vigtighed ikke er vægtet i forhold til hinanden. Hvis man forsøger at inddrage beboerne i en beslutning omkring en fremtidig spildevandshåndtering, kunne en sådan vandret sammenligning blive aktuel i forbindelse med vurderingen. Beboerne kunne hermed få lejlighed til at vægte de enkelte kriterier i den samlede vurdering. En sådan borgerinddragelse er udeladt efter aftale med forvaltningen.

Systemet kan forklares ved et eksempel:

Etablering af urinsortering kombineret med rensning med actiflo (4.3.6) scorer karakteren +++ under miljø. Det betyder, at miljøgevinsten (reduktionen af næringsstofbelastning til Østersøen) er større ved dette system end for det traditionelle renseanlæg, der scorer ++. Begge systemer opnår hygiejnekarakteren ++, da de løser de hygiejniske problemer i havnen og ved klipperne, hvor latrinspandene hidtil er blevet tømt. Scoren for de to vurderingsparametre kan imidlertid ikke sammenlignes. Miljøgevinsten er ubetydelig for begge systemer, da Christiansø's udledning til Østersøen er neglignel, mens hygiejnen vurderes til at være et langt mere væsentligt problem ved de eksisterende spildevandsforhold.

Tabel 6.1: Samlet vurdering af de 6 principløsninger i forhold til de eksisterende forhold

Løsning	Kriterie	Miljø*	Hygiejne	Drift	Brug	Økonomi	Selvforvaltning	Robusthed	Demo
Eksisterende forhold		0	0	0	0	0	0	0	0
Lang rørføring (4.3.1)		0	++	0	0	-	0	+	0
Offentligt vakuumtoilet (4.3.2)		+	++	-	0	-	0	+(+)	+
Kompakt anlæg (Actiflo) (4.3.3)		+	++	-	0	--	0	++	0
Vakuumtoilet / Actiflo (4.3.4)		++	++	--	0	---	0	+++	+
Traditionelt renseanlæg (4.3.5)		++	++	-	0	---	0	+++	0
Urinopsamling / Actiflo (4.3.6)		+++	++	--	-	---	0	+++	++

* primært en vurdering af forureningsbelastningen af Østersøen

7 Konklusion og anbefalinger

Formålet med projektet har været at undersøge forskellige alternativer til et udarbejdet programoplæg for en fremtidig spildevandshåndtering på Christiansø. Dette programoplæg omfattede forslag om kloakrenovering og anlæg af traditionelt renseanlæg.

Opstillingen af spildevandsløsninger har vist at der med stor rimelighed kan etableres et alternativ til den eksisterende spildevandshåndtering på Christiansø samt til den traditionelle løsning.

Hovedparten af de opstillede løsninger (undtagen lang rørføring og offentlige vakuumtoiletter uden Actiflo) vil kunne leve op til forventede udledningskrav svarende til mekanisk rensning.

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.

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

Projektarbejdet har vist, at de meget specielle fysiske forhold på Christiansø medfører, at mange af de løsninger man normalt opfatter som værende økologiske, på forhånd er blevet udelukket.

I det aktuelle projekt 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. Hertil kommer, at man fra forvaltningens side har prioriteret håndtering af affald højere og derfor hellere vil skabe en dialog omkring affaldshåndteringen.

Opstilling, udvælgelse og vurdering af alternative spildevands-løsninger på Christiansø er sket med udgangspunkt i de lokale forhold på øen. På baggrund af vurderingen opstilles i det følgende en række anbefalinger til brug for en beslutning om et fremtidigt spildevandssystem på Christiansø.

I opstillingen af anbefalinger har der været en klar prioritering af de vurderede kriterier. Der er således lagt stor vægt på at en egentlig spildevandshåndtering skulle løse eksisterende *hygiejneproblemer* (i klipperne og omkring havnen). En løsnings *miljømæssige præstation* (reduktion af udledning) er ikke vægtet højt, hvorimod løsningen ikke bør stille store *drifts krav til brugeren*. Løsningen skal ligeledes være udformet på en sådan måde, at den ikke kommer i modstrid med gældende fredningsbestemmelser.

Løsning af
hygiejneproblemet
prioriteres højt

Hygiejneproblemerne vurderes til at være de væsentligste ved de eksisterende spildevandsforhold på Christiansø. Nedsivning forurener øens vandforsyning og udledning til havnen skaber ligesom tømning af latrinspande æstetiske og hygiejniske problemer.

Det anbefales, at en løsning af de hygiejniske problemer prioriteres højt.

Miljøkrav bør afklares

Miljøbelastningen fra udledning af spildevand fra Christiansø sker til åbent hav og er forsvindende i forhold til den øvrige belastning af Østersøen. Alle de foreslåede spildevandsløsninger forudsætter håndtering og transport af spildevand og slam i et sådant omfang, at den samlede miljøgevinst er meget tvivlsom. Udledningen er imidlertid imod gældende regler som anvendes for områder der hører under amterne, og derfor ikke acceptabel set ud fra et reguleringsmæssigt synspunkt.

Det anbefales at afklare miljøkravene til et ændret spildevandssystem, men i øvrigt ikke at prioritere reduktion af næringsstofbelastningen højt ved valg af spildevandsløsning.

Hvis der etableres renselanlæg på øen anbefales det, at anlægget udformes på en sådan måde at de investerede penge og ressourcer ikke har været spildt. Dvs. anlægget skal forholdsvis omkostningsfrit kunne tilpasses evt. skærpede krav og/eller øgede spildevandsmængder.

Behov for
kloakreovering
bør afklares

Fælles for de foreslåede løsninger er, at der skal tages stilling til, om den eksisterende kloak skal reoveres eller fornys. Spildevandsløsninger, der tager udgangspunkt i det eksisterende kloaksystem, vil kræve løbende vedligeholdelse af kloakken.

Det anbefales, at tage stilling til i hvilken udstrækning kloakken skal reoveres i forbindelse med indførelse af nye spildevandsløsninger.

Slamhåndtering bør
tænkes ind i
affaldshåndtering

Alle renseløsninger resulterer i, at der produceres slam eller andre fraktioner, der ikke kan bortskaffes på øen.

Det anbefales, at håndteringen af slam mv. tænkes ind i en fremtidig løsning af Christiansø's bortskaffelse af fast affald.

Urinopsamling
anbefales ikke

På baggrund af besøg på Christiansø og samarbejde med forvaltningen vurderes det, at der ikke er stor lokal interesse i etablering af sorterende spildevandssystemer. Ydermere er genanvendelse af frasorterede næringsstoffer ikke mulig på øen.

Det anbefales derfor ikke at etablere urinsorterende spildevandssystemer på Christiansø.

Anbefaling

Sammenfattende anbefales det, at:

Christiansø med henvisning til de specielle forhold (fredning, klippegrund etc.), øens placering og minimale forureningsbidrag, ansøger Miljøstyrelsen om tilladelse til at samle og eventuelt neddele spildevandet og lede det ud via en havledning (4.3.1).

Hvis Miljøstyrelsen stiller krav om en reduktion af forureningsudledningen fra Christiansø anbefales følgende:

På baggrund af en beslutning om behovet for kloakreovering sammenlignes og vurderes en traditionel renseløsning (4.3.5) og den løsning, hvor alene belastningen fra de offentlige toiletter afskæres (4.3.2/4.3.4).

8 Ordliste

<i>BOD₅</i>	Biokemisk iltforbrug. Mængden af organisk stof udtrykt ved den mængde ilt (O ₂) der skal til for at nedbryde det organiske stof under iltholdige forhold. Kan også angives i mængder pr. døgn, eksempelvis 60 g BOD ₅ /PE/døgn. Indekset på 5 henviser til målemetoden, der løber over en periode på 5 døgn.
<i>COD</i>	Denne parameter udtrykker det kemiske iltforbrug - Chemical Oxygen Demand (eks. i g O ₂ pr. liter vandprøve), dvs. den forbrugte mængde ilt ved kemisk oxidation af vandprøven. Parameteren medtager udover det organiske stof også forskellige uorganiske forbindelser, såsom sulfid.
<i>MBNDK</i>	En forkortelse for traditionelle danske renseanlæg med mekanisk rensning, biologisk rensning for organisk stof og kvælstof samt kemisk rensning for fosfor.
<i>Nitrifikation</i>	En iltkrævende bakteriel proces der omdanner ammonium (NH ₄ ⁺) til nitrat (NO ₃ ⁻). Det er således mængden af ammonium og dermed nitrifikationspotentialitet der skal mindskes ved rensning af spildevandet. Det er væsentligt at skelne mellem mængden af nitrifikation (ammonium) og den totale mængde kvælstof i spildevandet eftersom fjernelsen af disse kvælstof-fraktioner ikke er den samme i de forskellige renseanlæg. Hovedparten af kvælstoffen i husspildevand er dog på formen NH ₄ ⁺ .
<i>Personækvivalent (PE)</i>	Det antal personer en given spildevandsmængde svarer til. Eksempelvis "omregnes" 1000 3-timers turister til 100 PE.
<i>Total-P</i>	Total fosfor. Fosforindholdet i alle forekommende fosforforbindelser i spildevandet. Angiver således den totale mængde fosfor i spildevandet. Produktionen opgøres typisk i g P/PE/år.
<i>Tørstofindhold</i>	Indholdet af tørstof (TS) i slam angives som volumenprocent af det totale volumen slam (fastfase + vandfase). Et tørstofindhold på 3 % w/w betyder derfor at 1 m ³ slam indeholder ca. 30 kg tørstof og 970 liter vand. Ved at afvande slammet kan andelen af TS i slammet øges til ca. 20 % w/w hvilket resulterer i at 1 m ³ slam (3% TS) "reduceres" til ca. 0,15 m ³ slam (20% TS). Denne reduktion i volumen har betydning hvis slammet skal transporteres over længere afstande.

9 Referencer

Diverse love og bekendtgørelser fra Miljø- og Energiministeriet:

Lov nr. 476 af 30/6-1993: Lov om beskyttelse af havmiljøet. Miljø- og Energiministeriet.

Bek. nr. 576 af 20/11-1984: Bekendtgørelse om fredning af øgruppen Ertholmene og omliggende søterritorium og lov nr. 9 af 3/1-1992. Miljø- og Energiministeriet.

Bek. nr. 823 af 16/9-1996: Bekendtgørelse om anvendelse af affaldsprodukter til jordbrugsformål. Miljø- og Energiministeriet.

Bek. nr. 923 af 5/12-1997: Bekendtgørelse om betalingsregler for spildevandsanlæg m.m. Miljø- og Energiministeriet.

Bek. nr. 636 af 21/8-1998: Bekendtgørelse om afgift af spildevand. Miljø- og Energiministeriet.

Bek. nr. 501 af 21/6 1999: Bekendtgørelse om spildevandstilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4. Miljø- og Energiministeriet.

Bek. nr. 631 af 27/6-2000 (gældende): Bekendtgørelse om modtageordninger for affald fra skibe, samt om skibes aflevering af affald. Miljø- og Energiministeriet.

Øvrig litteratur:

Bentsen, L., Dahl C.P., Napstjert, L., Petersen, C.R., Plum, V. og Thomsen, N.B. (1998): The Actiflo Method, Water Science and Technology, Vol. 37, No. 1, pp. 269-275.

Bornholms Amt, 2000: Vandmiljøovervågning - spildevand, 1999, Teknisk Forvaltning, Bornholms Amt.

Dyck-Madsen S., Gabriel S., Hoffmann B. (1999): "Alternative spildevands-systemer – 10 illustrerede eksempler fra Sverige", Det økologiske råd.

Eilersen, A.M., Tjell, J.C. & Henze, M. (1998): Muligheder for jordbrugsanvendelse af affald fra husholdninger. In: Magid, J. (ed.), Recirkulering fra by til land? - om næringsstoffer på afveje (Recirculation from urban areas to agriculture? - nutrients going astray), pp. 11-40. Institut for Jordbrugsvidenskab, KVL, København.

Eilersen et al. (2001): Tekinfo, Teknologisk informationsværktøj. www.er.dtu.dk/projects/tekinfo. Tilgængeligt efter 30/6 2001.

Forsvarets Bygningstjeneste, 1998: Christiansø og Frederiksø - Programforslag for afløbsfornyelse og spildevandsrensning. Forsvarets bygningstjeneste.
Flygt, 1999: Informationsmateriale fra Flygt A/S om tryksatte spildevandssystemer.

Kommissionen for de Europæiske Fællesskaber, 1993: Forslag til Rådets afgørelse om indgåelse på Fællesskabets vegne af konventionen om beskyttelse af havmiljøet i Østersøområdet, 1993 ('Østersøkonventionen'). Kommissionen for de Europæiske Fællesskaber.

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

Miljøstyrelsen, 1999: Punktkilder 1998, Orientering nr. 6, Miljøstyrelsen under Miljø- og Energiministeriet.

Naturvårdsverket (1995): Vad innehåller avlopp från hushåll? - Näring och metaller i urin och fekalier samt i disk-, tvätt- & duschvatten, Naturvårdsverket, rapport 4425.

Bilag A: Antagelser der ligger til grund for stedsanalysens trin I og II

Indholdsfortegnelse:

1. FORUDSÆTNINGER OMKRING DE FORSKELLIGE PERSONGRUPPER	65
2. MASSEBALANCER FOR DE VURDEREDE SPILDEVANDSSYSTEMER	70
3. BEREGNING AF SLAMPRODUKTION OG TRANSPORTBEHOV	72
4. CHRISTIANSØ'S VANDFORBRUG	76
5. PERSONTRANSPORT TIL/FRA CHRISTIANSØ	77

Dette bilag indeholder alle de forudsætninger og antagelser der er gjort i forbindelse med opstilling af massestrømme i stedsanalysens trin I og II. Herefter følger detaljer omkring opstilling af massebalancer for de vurderede spildevandsløsninger på kvælstof, fosfor og organisk stof. Ligeledes kommer detaljerede beregninger på slamproduktion ved de enkelte løsninger og transportbehovet af slam og urin.

Til sidst gives forskellige detaljerede informationer omkring Christiansø's registrerede vandforbrug og persontransporten til og fra øgruppen.

1. Forudsætninger omkring de forskellige persongrupper

Følgende forudsætninger omkring vandforbrug og toiletmønster for de forskellige persongrupper ligger til grund for udarbejdelsen af de efterfølgende tabeller.

Fastboende/besøgende

Det daglige vandforbrug antages at være 130 liter/dag (Forsvarets Bygningstjeneste, 1998). Dette vandforbrug gælder både for fastboende og besøgende på øerne. Christiansø har kun besøgende i sommermånederne altså ca. 60 dage om året. Det antages at de fastboende på Christiansø har ca. 60 besøgende pr. dag i sommermånederne. Christiansø har kapacitet til 135 fastboende personer.

Hytteboere

Det vides at ca. 150 turister opholder sig på øen i hytter om sommeren, dvs. ca. 60 dage om året. Det antages at ca. 50% af deres toiletbesøg bliver foretaget på øens offentlige toilet. Hver hytteboer tager 1 bad dagligt i badebygningen (30 l/PE/dag) samt håndvask svarende til 5 l/PE/dag.

Camping/båd

Det antages at alle toiletbesøg for de sejlene turister foregår i land. Herunder antages det at hver sejler foretager 1 stort og 4 små toiletbesøg dagligt. Hertil kommer håndvask (5 gange) der giver 5 liter/PE/dag.

Hver sejler tager ligeledes 1 bad på øen dagligt, hvilket giver 30 l/PE/dag og bruger endvidere ca. 20 l/PE/dag i forbindelse med aftentoilette. Totalt set er spildevandsproduktionen fra denne gruppe 45 liter sort spildevand/PE/dag og 55 liter gråt spildevand/PE/dag. Man antager at antallet af sådanne turister er ca. 190 PE dagligt i sommermånederne, dvs. ca. 60 dage om året.

Et eventuelt vandforbrug til madlavning når ikke kloaksystemet og er derfor ikke medtaget i opgørelsen. Belastningen fra camping/bådfolk svarer til 4/5 af belastningen fra fastboende, jfr. antaget toiletmønster.

3-timers turister

I sommermånederne ankommer der dagligt ca. 1000 såkaldte 3-timers turister. Dvs. turister der kun opholder sig på øen i 3 timer. Det er antaget at 10 sådanne turister svarer til en normal PE, hvilket således giver 100 PE 3-timers turister. Det antages at 1 PE 3-timers turister svarer til 1 PE fastboende/besøgende. 3-timers turisterne besøger kun øen i sommermånederne, ca. 60 dage om året. Et eventuelt (minimalt) bidrag med fosfor fra madrester og vaskemidler er ikke medtaget i nærværende massebalancer.

Nedenstående tabel viser spildevandsmængder fordelt på komponenter fra forskellige persongrupper på Christiansø, opgjort i m³/PE/år.

Spildevandsmængder på PE-basis

	Urin + skyllevand	Fækalier + skyllevand	Gråt	Total
m ³ /PE/år				
<i>Fastboende</i>	16,9	6,6	24,5	48,0
<i>Besøgende</i>	2,8	1,1	3,9	7,8
Hytteboere	1,4	0,6	2,1	4,1
Camping/båd	2,2	0,6	3,3	6,1
3-timers turister	2,8	1,1	4,0	7,9

Fastboende og besøgende antages at foretage 5 små samt 2 store toiletbesøg dagligt. Skyllevolumenet pr. besøg sættes til 9 liter/skyl. Volumenet af urin og fækalier udgør henholdsvis 1,2 og 0,2 l/PE/dag (Eilersen et al., 2001). Det grå spildevand udgør resten op til 130 l for denne persongruppe.

Når halvdelen af hytteboernes toiletbesøg foretages på det offentlige toilet giver dette 2,5 små samt 1 stort besøg med 9 l/skyl. Hertil kommer volumen af selve urinen og fækalierne. Mængden af urin (+ skyllevand) fra hytteboerne kan således beregnes til: (1,2 (volumen urin) + 2,5 * 9 l/skyl) * 60 dage/år = 1,4 m³/PE/år. Mængden af grå spildevand fra hytteboerne kan beregnes til: (30 + 5 l/PE/dag) * 60 dage/år = 2,1 m³/PE/år.

For de øvrige persongrupper henvises der til de allerede fremstillede forudsætninger og antagelser.

Spildevandsmængder på årsbasis

Nedenstående tabel viser spildevandsmængder fordelt på komponenter fra forskellige persongrupper på Christiansø, opgjort i m³/år.

	Urin	Fækalier	Gråt	Total
m ³ /år				
<i>Fastboende</i>	2277	897	3301	6475
<i>Besøgende</i>	166	66	241	473
Hytteboere	213	83	315	611
Camping/båd	424	105	627	1156
3-timers turister	277	109	402	788
Total	3357	1259	4887	9503

De fremstillede spildevandsmængder er blot resultat af en multiplikation med antallet af personækvivalenter i de forskellige persongrupper.

Kvælstofbelastning

Nedenstående tabel viser belastningen med kvælstof fordelt på forskellige persongrupper og spildevandskomponenter. Ligeledes vises den totale årlige belastning med kvælstof.

	Kvælstof (N)							
	g N/PE/d				kg N/år			
	Urin	Fækalier	Gråt	Total	Urin	Fækalier	Gråt	Total
<i>Fastboende</i>	9,5	0,2	0,2	9,9	469	10	8	488
<i>Besøgende</i>	9,5	0,2	0,2	9,9	34	1	1	36
Hytteboere	9,5	0,2	0,2	9,9	86	2	2	89
Camping/båd	7,6	0,1	0,2	7,9	87	1	2	90
3-timers turister	9,5	0,2	0,2	9,9	57	1	1	59
Total					733	16	14	762

Alle tal i ovenstående tabel er udtryk for nitrifikationspotentialet i spildevandet (dvs. mængder af ammonium-N) fordelt på de forskellige persongrupper og komponenter. De i opgørelsen fremstillede belastninger med kvælstof er baseret på 4400 g N/PE/år, der stammer fra (Bek. nr. 501 af 21/6 1999). Der er regnet med en fraktionering på: urin = 79 %, fækalier = 7 % og resterende gråt spildevand = 14 % (Eilersen et al., 1998) og et nitrifikationspotentiale på: urin = 100 %, fækalier = 25 % og resterende gråt spildevand = 10 % (Eilersen et al., 2001). Hertil kommer de antagelser omkring persongruppernes toiletmonter som allerede er fremstillet. Efterfølgende er den totale årlige belastning beregnet for hver persongruppe ud fra antallet af personækvivalenter i hver gruppe.

I den næste opgørelse er der fremstillet en fordeling af kvælstofbelastning på de fysiske opsamlingsystemer, dvs. offentlige toilet, latrinspande og permanente toiletter.

	Offentligt toilet	Latrinspande	Permanente Toiletter	Udenfor system
	kg N/år			
<i>Fastboende</i>	0,0	0,0	488,0	0
<i>Besøgende</i>	0,0	0,0	35,7	0
Hytteboere	44,6	43,8	0,0	0,8
Camping/båd	89	0,0	0,0	1,0
3-timers turister	59,4	0,0	0,0	
Total	193	44	524	2

Som de fremgår af opgørelsen ender 100% af spildevandet fra fastboende og besøgende i permanente toiletter. Hytteboerne benytter de offentlige toiletter og latrinspande 50 % hver. 100 % af spildevandet fra camping/bådfolk og 3-timers turister ender i de offentlige toiletter. 50 % af N i det grå spildevand (jfr. (Eilersen et al., 1998)) fra hytteboere og camping/bådfolk når aldrig kloaksystemet og sættes derfor udenfor system. Resten ender i de offentlige toiletter (bad og lign.).

Fosforbelastning

Nedenstående tabel viser belastningen med fosfor fordelt på forskellige persongrupper og spildevandskomponenter. Ligeledes vises den totale årlige belastning med fosfor.

	Fosfor (P)							
	g/PE/d				kg/år			
	Urin	Fækalier	Gråt	Total	Urin	Fækalier	Gråt	Total
<i>Fastboende</i>	1,5	0,5	0,7	2,7	74	27	34	135
<i>Besøgende</i>	1,5	0,5	0,7	2,7	5	2	2	10
Hytteboere	1,5	0,5	0,2	2,2	14	5	1	20
Camping/båd	1,2	0,3	0,2	1,6	14	3	2	19
3-timers turister	1,5	0,5	0,7	2,7	9	3	4	16
Total					116	40	43	200

De i opgørelsen fremstillede belastninger med fosfor er baseret på 1000 g P/PE/år der stammer fra (Bek. nr. 501 af 21/6 1999). Efterfølgende er den totale årlige belastning beregnet for hver persongruppe ud fra antallet af personækvivalenter. Hytteboere og Camping/bådfolk antages ikke at foretage tøjvask, derfor reduceres P-indholdet i det resterende grå spildevand til et baggrundsniveau på 0,15 g/PE/dag (Naturvårdsverket, 1995). Hertil kommer de antagelser omkring persongruppernes toiletmønster som allerede er fremstillet. Mht. 3-timersturisterne svarer 10 af disse til 1 PE som tidligere nævnt. Ligeledes sættes belastningen (med NPO) fra 1 PE 3-timersturister til den samme som 1 PE fastboende. I den efterfølgende opgørelse er der fremstillet en fordeling af fosforbelastningen på de fysiske opsamlingsystemer, dvs. offentlige toilet, latrinspande og permanente toiletter.

	Offentligt Toilet	Latrinspande	Permanente Toiletter	Udenfor system
	kg P/år			
<i>Fastboende</i>	0,0	0,0	135	0
<i>Besøgende</i>	0,0	0,0	10	0
Hytteboere	9,9	9,2	0,0	0,7
Camping/båd	17,7	0,0	0,0	0,9
3-timers turister	16,5	0,0	0,0	0
Total	44	9	145	2

Der gælder de samme bemærkninger som til opgørelsen med fordelingen af kvælstof. 50 % af P i det grå spildevand fra hytteboere og camping/bådfolk når aldrig kloaksystemet og sættes derfor udenfor system. Resten ender i de offentlige toiletter.

*Belastning med
BOD₅*

Nedenstående tabel viser belastningen med organisk stof (BOD₅) fordelt på forskellige persongrupper og spildevandskomponenter. Ligeledes vises den totale årlige belastning med BOD₅.

	BOD ₅							
	g/PE/d				kg/år			
	Urin	Fækalier	Gråt	Total	Urin	Fækalier	Gråt	Total
<i>Fastboende</i>	5	20	35	60	246	986	1725	2957
<i>Besøgende</i>	5	20	35	60	18	72	126	216
Hytteboere	5	20	35	60	45	180	315	540
Camping/båd	4	10	35	49	46	114	399	559
3-timers turister	5	20	35	60	30	120	210	360
Total					385	1472	2775	4631

De i opgørelsen fremstillede belastninger med BOD₅ er baseret på 21900 g/PE/år der stammer fra (Bek. nr. 501 af 21/6 1999).

Der gælder de samme antagelser omkring persongruppernes toiletmonter som allerede er fremstillet. Efterfølgende er den totale årlige belastning beregnet for hver persongruppe ud fra antallet af personækvivalenter.

I den efterfølgende opgørelse er der fremstillet en fordeling af BOD₅-belastningen på de fysiske opsamlingsystemer, dvs. offentlige toilet, latrinspande og permanente toiletter.

	Offentligt Toilet	Latrinspande	Permanente Toiletter	Udenfor system
	kg BOD ₅ /år			
<i>Fastboende</i>	0	0	2957	0
<i>Besøgende</i>	0	0	216	0
Hytteboere	160	113	0	268
Camping/båd	219	0	0	339
3-timers turister	360	0	0	0
Total	739	113	3173	607

Der gælder de samme bemærkninger som til opgørelsen med fordelingen af kvælstof. I henhold til (Eilersen et al., 1998) stammer 85 % af det organiske stof i det grå spildevand fra køkkenvasken. Resten (15 %) findes i vaske- og badevandet. Det grå spildevand fra hytteboere og camping/bådfolk stammende fra køkkenvasken (85%) når aldrig kloaksystemet og sættes derfor udenfor system i ovenstående opgørelse.

Mængden af N, P og BOD₅ som i ovenstående opgørelsen er sat udenfor system medtages som bortrenset i den efterfølgende opstilling af massestrømme for de vurderede spildevandsløsninger. Udledningen fra de enkelte løsninger sættes i relation til den totale belastning.

2. Massebalancer for de vurderede spildevandssystemer

Lang rørføring (4.3.1)

Denne løsning er baseret på anlæggelse af en lang rørføring (tilkobles samtlige eksisterende udløb) direkte ud i Østersøen.

Spildevandet fra spredt bebyggelse og hytteområderne håndteres som ved den traditionelle løsning.

Der sker således ikke nogen egentlig reduktion i belastningen af Østersøen med NPO hvilket fremgår af følgende opgørelse. Dog antages spildevand udenfor system for bortrenset.

Nedenstående tabel viser udledning af kvælstof, fosfor og organisk stof til Østersøen ved etablering af en lang rørføring ud i Østersøen.

	kg/år	Rensegrad i %
N	760	0
P	198	1
BOD ₅	4024	13

Offentlige vakuumtoiletter (4.3.2)

Denne løsning er baseret på installation af et vakuumsystem på de offentlige toiletter til at klare den ekstra spildevandsbelastning fra turisterne om sommeren. Det opsamlede materiale (urin, fæces og minimale mængder skyllevand) sejles til Bornholm. Det resterende spildevand pumpes væk fra Christiansø gennem en lang rørføring. Det opsamlede materiale består af urin og fæces fra alle hytteboere, camping/bådfolk samt 3-timers turister der besøger Christiansø om sommeren (60 dage). Materiale der bliver transporteret væk anses for at være udenfor massestrømmene på Christiansø og er derfor 100% fjernet.

Massebalance for belastning af Østersøen:

Kvælstof i spildevandet der bortsejles:

$$86 + 2 + 87 + 1 + 57 + 1 \text{ kg N/år} = 234 \text{ kg N/år}$$

Fosfor i spildevandet der bortsejles:

$$14 + 5 + 14 + 3 + 9 + 3 \text{ kg P/år} = 48 \text{ kg P/år}$$

BOD₅ i spildevandet der bortsejles:

$$45 + 180 + 46 + 114 + 30 + 120 = 535 \text{ kg BOD}_5/\text{år}$$

Nedenstående tabel viser resulterende udledning af kvælstof, fosfor og organisk stof til Østersøen ved installation af offentlige vakuumtoiletter.

	Kg/år	Rensegrader %
N	526	31
P	150	25
BOD ₅	3489	25

Actiflo (4.3.3)

Denne løsning er baseret på anlæggelse af et kompakt Actiflo-anlæg for rensning af Christiansø's spildevand. Tilledningen af spildevand til anlægget foregår som ved den traditionelle løsning. Rensegraderne for det kompakte anlæg (Actiflo) kendes fra (Bentsen et al., 1998) der fremsætter typiske rensningsgrader for Total-P, Kjeldahl-N og COD på henholdsvis 85 %, 18 % og 60 %. Det kan forventes at rensningsgraden for BOD₅ er en del større end rensningsgraden for COD, eftersom BOD₅

inkluderer en relativt større mængde letomsætteligt organisk stof end COD. På baggrund af yderligere informationsmateriale fra Krüger A/S antages rensgraden for BOD₅ for sådanne anlæg at ligge på ca. 90 %. Disse rensgrader er anvendt i beregningen af den resulterende udledning til Østersøen.

Massebalance for belastning af Østersøen:

$$(762 - 2 \text{ kg N/år}) * (1 - 0,18) = 624 \text{ kg N/år (18\%)}$$

$$(200 - 2 \text{ kg P/år}) * (1 - 0,85) = 30 \text{ kg P/år (85\%)}$$

$$(4631 - 607 \text{ kg BOD}_5/\text{år}) * (1 - 0,9) = 402 \text{ kg BOD}_5/\text{år (91\%)}$$

*Offentlige
vakuumtoiletter /
Actiflo (4.3.4)*

Denne løsning er baseret på installation af offentlige vakuumtoiletter til at klare den ekstra spildevandsbelastning fra turisterne om sommeren. Det opsamlede materiale sejles til Bornholm. Det resterende spildevand ledes til kompaktanlæg (Actiflo) hvor det renses inden udledning til Østersøen. Det resterende spildevand svarer til alt spildevand fra den tætte bebyggelse samt det grå spildevand fra de offentlige toiletter.

Der bortsejles de samme mængder af N, P og BOD₅ som ved løsningen med offentlige vakuumtoiletter som eneste tiltag.

Herefter fjernes der en vis belastning ved rensning i kompaktanlæg (Actiflo):

$$(526 \text{ kg N/år}) * 0,18 = 95 \text{ kg N/år}$$

$$(150 \text{ kg P/år}) * 0,85 = 128 \text{ kg P/år}$$

$$(3489 \text{ kg BOD}_5/\text{år}) * 0,90 = 3140 \text{ kg BOD}_5/\text{år}$$

Nedenstående tabel viser resulterende udledning af kvælstof, fosfor og organisk stof til Østersøen ved offentlige vakuumtoiletter suppleret med Actiflo-anlæg.

	kg/år	Rensgrader %
N	431	43
P	22	89
BOD ₅	349	92

*Traditionelt renseanlæg
(4.3.5)*

Denne løsning er baseret på anlæggelse af et centralt renseanlæg på Frederiksvø, hvortil spildevandet fra samtlige udløb tilføres via fælles ledning. Alt spildevand fra fastboende og besøgende samles og ledes til rensningsanlægget. Halvdelen af belastningen fra hytteboerne ender i de offentlige toiletter og resten opsamles i latrinspande og tilføres ny etableret brønd for tilledning til kloakken. Alt spildevand fra 3-timers turisterne ender i de offentlige toiletter. Herefter rensning på renseanlægget.

Massebalance for belastning af Østersøen:

Mekanisk/biologisk/kemisk rensning (jfr. rensgraderne i bilag D):

$$(762 - 2 \text{ kg N/år}) * (1 - 0,85) = 114 \text{ kg N/år (85\%)}$$

$$(200 - 2 \text{ kg P/år}) * (1 - 0,9) = 20 \text{ kg P/år (90\%)}$$

$$(4631 - 607 \text{ kg BOD}_5/\text{år}) * (1 - 0,95) = 201 \text{ kg BOD}_5/\text{år (96\%)}$$

Urinopsamling / Actiflo (4.3.6)

Denne løsning er baseret på opsamling af urin på øerne. Urinen opsamles kun fra den permanente beboelse og de offentlige toiletter. Urinen sejles til Bornholm og anvendes som gødning i landbruget. Det resterende spildevand ledes til et kompakt renseanlæg på Frederikse.

Ved urinopsamlingen fra offentlige toiletter og den permanente beboelse på øen fjernes og genanvendes næsten 100 % af den ”producerede” urin på Christiansø. Det er kun ca. 50 % af hytteboernes urin der ikke fjernes fra spildevandet på denne måde.

Massebalance for belastning af Østersøen:

Kvælstof i urinen der bliver genanvendt:

$$733 \text{ kg N/år} - 86 \text{ kg N/år} / 2 = 690 \text{ kg N/år}$$

Fosfor i urinen der bliver genanvendt:

$$116 \text{ kg P/år} - 14 \text{ kg P/år} / 2 = 109 \text{ kg P/år}$$

BOD₅ i urinen der bliver genanvendt:

$$385 \text{ kg BOD}_5/\text{år} - 45 \text{ kg BOD}_5/\text{år} / 2 = 363 \text{ kg BOD}_5/\text{år}$$

Herefter renses den resterende spildevandsstrøm i et Actiflo-anlæg på Frederikse:

$$(762 - 2 - 690 \text{ kg N/år}) * (1 - 0,18) = 57 \text{ kg N/år}$$

$$(200 - 2 - 109 \text{ kg P/år}) * (1 - 0,85) = 13 \text{ kg P/år}$$

$$(4631 - 607 - 363 \text{ kg BOD}_5/\text{år}) * (1 - 0,90) = 366 \text{ kg BOD}_5/\text{år}$$

Nedenstående tabel viser den resulterende udledning af kvælstof, fosfor og organisk stof til Østersøen ved opsamling af urin.

	kg/år	Rensegrad i %
N	57	93
P	13	94
BOD ₅	366	92

3. Beregning af slamproduktion og transportbehov

I vurderingen af slamproduktionen og transportbehovet ved de 6 vurderede spildevandsløsninger er der anvendt følgende forudsætninger.

Lang rørføring (4.3.1)

Eftersom spildevandet ved denne løsning bliver ledt direkte ud i Østersøen gennem en lang rørføring, medfører alternativet ingen slamproduktion.

Offentlige vakuumtoiletter (4.3.2)

En løsning med offentlige vakuumtoiletter medfører et transportbehov til Bornholm om sommeren af opsamlet urin, fæces og skyllevand. Mængden af skyllevand i et vakuumsystem sættes til ca. 0,8 liter/skyl. Mængden af urin og fæces sættes til henholdsvis 1,2 og 0,2 l/PE/dag (*totalt 1,4 l/PE/dag*). Der regnes med samme toiletmønster som allerede anvendt. Løsningen medfører ikke nogen egentlig slamproduktion eftersom det resterende spildevand fjernes vha. etablering af en lang rørføring ud i Østersøen.

Installation af vakuumsystem

Nedenstående opgørelse viser spildevandsmængder tilledt de offentlige toiletter ved installation af vakuumtoiletter.

Persongrupper	Antal PE	Urin	Fæces	Total
	PE	l/PE/dag	l/PE/dag	l/PE/dag
Hytter	150	5,2 ¹	1,8 ²	7
Camping/båd	190	4,4	1	5,4
3-timers turister	100	5,2	1,8	7

¹ $0,8 \text{ l} * 5 + 1,2 \text{ l} = 5,2 \text{ liter/PE/dag}$

² $0,8 \text{ l} * 2 + 0,2 \text{ l} = 1,8 \text{ liter/PE/dag}$

Sommer:

Fra hytteboere:

$(60 \text{ dage} * 75 \text{ PE} * 1,4 \text{ l})_{\text{latrinspande}} + (60 \text{ dage} * 75 \text{ PE} * 7 \text{ l})_{\text{offentlige toiletter}} = 37,8 \text{ m}^3$

Det bemærkes at 50 % af hytteboerne benytter latrinspande (uden skyllevand). De resterende 50 % benytter de offentlige toiletter.

Fra camping/båd folk:

$60 \text{ dage} * 190 \text{ PE} * 5,4 = 61,6 \text{ m}^3$

Fra 3-timers turister:

$60 \text{ dage} * 100 \text{ PE} * 7 = 42 \text{ m}^3$

Totale mængder af urin, fæces og skyllevand tilført om sommeren til offentligt vakuumsystem: $141,4 \text{ m}^3$

Dette giver et dagligt transportbehov af urin, fæces og skyllevand til Bornholm på: $2,4 \text{ m}^3 / \text{dag}$.

Alternativt kan der installeres offentlige lavtskylstoiletter (5 liter/skyl).

Nedenstående opgørelse viser spildevandsmængder tilledt de offentlige toiletter ved installation af lavtskylstoiletter.

Persongrupper	Antal PE	Urin	Fæces	Total
	PE	l/PE/dag	l/PE/dag	l/PE/dag
Hytter	150	26,2	10,2	36,4
Camping/båd	190	21,2	5,2	26,4
3-timers turister	100	26,2	10,2	36,4

Lignende beregninger på et sådant system viser at transportbehovet bliver væsentligt forøget i forhold til et vakuumsystem. Der skal dagligt transporteres $11,4 \text{ m}^3$ urin, fæces og skyllevand til Bornholm.

Løsningens beregnede reduktionsbelastning (for NPO) er baseret på at hele belastningen på de offentlige toiletter bortsejles om sommeren. Hvis en afvanding ønskes (for at reducere transportbehovet) vil der skulle tages hensyn hertil i massebalancerne for NPO.

Actiflo (4.3.3)

Actiflo-teknologien medfører en slamproduktion på ca. 6 % af den behandlede spildevandsmængde (i m^3). Dette slam indeholder ca. 3 % tørstof.

Sommer:

De fastboende genererer årligt 6475 m^3 spildevand. De øvrige persongrupper genererer årligt (kun om sommeren): $9503 - 6475 \text{ m}^3 = 3028 \text{ m}^3$.

Slamproduktion: $(60 \text{ dage}/365 \text{ dage} * 6475 \text{ m}^3 + 3028 \text{ m}^3) * 0,06 = 245 \text{ m}^3$.

Dette giver en daglig slamproduktion om sommeren (3% TS) og dermed et transportbehov på: 4,1 m³ slam / dag

Vinter:

Det er kun de fastboende der genererer spildevand om vinteren (305 dage om året). Slamproduktionen bliver altså: 305/365 dage * 6475 m³ * 0,06 = 325 m³.
Daglig slamproduktion om vinteren: 1,1 m³ slam / dag

*Offentlige
vakuumtoiletter /
Actiflo (4.3.4)*

Et dagligt transportbehov af urin, fæces og skyllevand om sommeren på 2,4 m³ vil også være aktuelt ved denne løsning. Hertil kommer en slamproduktion ved rensning af de fastboendes og besøgendes spildevand i et Actiflo-anlæg.

Sommer:

De fastboende genererer årligt 6475 m³ spildevand. De besøgende genererer årligt (kun om sommeren) 473 m³ spildevand. Slamproduktionen bliver derfor: (60 dage/365 dage * 6475 m³ + 473 m³) * 0,06 = 92 m³
Dette giver en daglig slamproduktion om sommeren (3% TS) og dermed et transportbehov på: 1,5 m³ slam / dag

Vinter:

Det er kun de fastboende der genererer spildevand om vinteren (305 dage om året). Slamproduktionen bliver altså: 305/365 dage * 6475 m³ * 0,06 = 325 m³
Daglig slamproduktion om vinteren: 1,1 m³ slam / dag

*Traditionelt
renseanlæg (4.3.5)*

Der er regnet med en slamproduktion på ca. 40 g TS/PE/dag.
Dette giver følgende produktion af slam, sommer og vinter:

Sommer:

60 dage * 635 PE * 40 g TS/PE/dag = 1524 kg TS
Med et tørstofindhold (TS) på 3 % svarer dette til: 50,8 m³
Dette giver en daglig slamproduktion om sommeren (3% TS) og dermed et transportbehov på: 0,85 m³ slam / dag
Dette slam kan dog afvandes til 20 % TS og dermed sker der en betragtelig volumenreduktion.

Vinter:

305 dage * 135 PE * 40 g TS/PE/dag = 1647 kg TS
Med et tørstofindhold (TS) på 3 % svarer dette til: 54,9 m³
Daglig slamproduktion om vinteren: 0,18 m³ slam / dag

*Urinopsamling /
Actiflo (4.3.6)*

Løsningen med urinsortering medfører ikke nogen væsentlig reduktion i slamproduktionen så der regnes for denne løsning med de samme slammængder som ved Actiflo alene.

Slammet kan afvandes og bortsejles eller behandles på lokalt slammineraliseringsanlæg.

En løsning med opsamling og bortskaffelse af urin fra de offentlige toiletter og den tætte bebyggelse medfører et vist transportbehov. Der er ganske få boliger på Christiansø der ikke er omfattet af en løsning med urinopsamling hvilket der ikke er taget højde for i nedenstående opgørelse.

I det følgende ses på den dagligt udskilte mængde af urin (+ skyllevand) på Christiansø som skal opsamles og transporteres til Bornholm (med tankbil og færge) for at blive spredt ud på markerne. Det regnes med at én PE udskiller ca. 1,2 l ren urinvæske dagligt. Hertil kommer 0,2 liter skyllevand ved installation af urinsortende toiletter.

	Antal PE	Dage/år	Antal Skyl/Dag	Urin	Skyllevand	Sommer	Vinter
				l/dag	l/dag	l/60 dage	l/305 dage
Fastboende	135	365	5	162	135	17820	90585
Besøgende	60	60	5	72	60	7920	0
Hytter	150	60	2,5	90	75	9900	0
Camping/båd	190	60	4	228	152	22800	0
3-timers	100	60	10	120	200	19200	0
Total	635			672	622	77640*	90585*
m ³ /dag						1,3**	0,3**

* det totale volumen af urinblanding der skal opsamles over hele sommer/vinter - perioden (60/305 dage).

** det totale volumen (i m³) af urinblanding der dagligt skal opsamles og transporteres, henholdsvis sommer og vinter.

Som det fremgår af ovenstående opgørelse er der en betydelig forskel i transportbehovet sommer og vinter. Således er behovet ca. 4 gange så stort i sommerperioden der varer ca. 60 dage (2 måneder).

Den potentielle værdi af urinen som gødningsprodukt er forringet (sammenlignet med urin andre steder fra) pga. den omstændighed at det er nødvendigt med ca. 20 km søtransport førend egnede arealer er tilgængelige (på Bornholm). Dette skal dog sættes i relation til den effektive reduktion i den totale miljøbelastning (med NPO) som man opnår ved at genanvende urinen.

Hvis urinen skal anvendes på landbrugsjorden i gødskningsøjemed skal der finde en kontrolleret hygiejniserings sted, jfr. Miljøstyrelsens bekendtgørelse nr. 823 af 16/9 -1996. Udfra denne bekendtgørelse kan ubehandlet urin sidestilles med ubehandlet spildevandsslam og skal derfor håndteres som sådant.

Tømningsfrekvensen i sommermånederne kan sættes til ca. 1 gang pr. uge hvilket vil give et totalt volumen på ca. 9 m³ / uge – hvilket svarer godt til en normal tankbil.

Tømningsfrekvensen om vinteren kan sættes til ca. 1 gang pr. måned som igen vil svare til en normal tankbil. Således skal der altså årligt foretages ca. 18 tømninger af opsamlingsstankene på øen med efterfølgende transport til Bornholm. Disse tømningfrekvenser er gennemsnitlige og afvigelser kan forekomme.

4. Christiansø's vandforbrug

Der er indhentet oplysninger omkring Christiansø's vandforbrug som det er registreret hos forvaltningen. Disse tal er indhentet hos driftsvagten på Christiansø. Ferskvand anvendes på Christiansø til drikkevandsformål (madlavning, personlig hygiejne osv.). Saltvand anvendes hovedsageligt til toiletskyl.

Nedenstående opgørelse viser forvaltningens egne registreringer af deres vandforbrug. Tallene er fra 1998.

Måned	Forbrug (ferskvand)	Forbrug (saltvand) 1)
Januar	253 m ³ /måned (6,5 %)	
Februar	236 m ³ /måned (6,1 %)	
Marts	351 m ³ /måned (9,0 %)	
April	255 m ³ /måned (6,6 %)	6-7 m ³ /døgn (normalt), ca. 195 m ³ /måned 3)
Maj	326 m ³ /måned (8,4 %)	
Juni	396 m ³ /måned (10,2 %)	
Juli	612 m ³ /måned (15,7 %)	20 m ³ /døgn (normalt), ca. 600 m ³ /måned 4)
August	409 m ³ /måned (10,5 %)	
September	311 m ³ /måned (8,0 %)	
Oktober	227 m ³ /måned (5,8 %)	
November	272 m ³ /måned (7,0 %)	
December	242 m ³ /måned (6,2 %)	
Totalt (årsbasis) 2)	3890 m ³ /år (100 %)	7000 m ³ /år

- 1) primært toiletskyl på offentlige toiletter i sommerperioden
- 2) tallene skal holdes op imod et skønnet antal personer på ca. 60.000 - 80.000 turister om året. Der regnes med ca. 100 PE fastboende samt turister om sommeren.
- 3) tallene for april varierer mellem 5 og 10-12 m³/døgn
- 4) tallene for juli varierer mellem 14 og 30 m³/døgn

Der er kun to toiletter på Christiansø der skyller med ferskvand. Resten skylles med saltvand. Mængden af skyllevand til toiletter udgør ca. 7000 m³/år (1998-tal - de seneste der kunne rekvireres).

Datamaterialet for saltvandsforbruget viser tegn på utætheder i forsyningsystemet.

5. Persontransport til/fra Christiansø

Christiansø's forvaltning har udleveret detaljerede oplysninger om antallet af personer transporteret med postbåden Peter og Christiansøfarten. Nedenstående tabel viser en opgørelse af denne transport (antal solgte billetter i havn på Bornholm t/r) på månedsbasis. Tallene er fra 1999. De fremstillede passagertal inkluderer ikke transporten af fastboende til og fra Christiansø.

	Postbåden Peter	Christiansø Farten Allinge	Christiansø farten Gudhjem	Total	Gennemsnit pr. dag
Januar	15			15	1
Februar	40			40	1
Marts	96			96	3
April	289	141	113	543	18
Maj	681	2074	3289	6044	202
Juni	1725	9442		11167	372
Juli	1753	3530	13097	18380	613
August	1737	4172	8835	14744	492
September	780	2702	3830	7312	244
Oktober					
November	32			32	1
December	34			34	1
Total				58407	

* mangler oplysninger fra oktober måned 1999

Nedenstående tabel indeholder tilsvarende oplysninger for 2000.

	Postbåden Peter	Christiansø Farten Allinge	Christiansø farten Gudhjem	Total	Gennemsnit pr. dag
Januar	16			16	1
Februar	25			25	1
Marts	35			35	1
April	397	241	362	1000	33
Maj	818	2875	3581	7274	243
Juni	855	1726	5328	7909	264
Juli	1506	3362	11867	16735	558
Total	Til og med juli 2000			32994	

Bemærkninger til opgørelsen:

Tallene i ovenstående tabel tegner det samme billede som tallene for 1999 af persontransporten til Christiansø i årets første 7 måneder. Den totale transport til og med juli måned 1999 ligger på ca. 36285 personer.

Bilag B: Bruttoliste over spildevandsløsninger

Indholdsfortegnelse:

1.	LISTERNES OPBYGNING	79
2.	IKKE STEDSSPECIFIK BRUTTOLISTE	80
2.1	Udledning og typer af recipienter	80
2.2	Transport fra husstand til behandlingsanlæg	80
2.3	Spildevandssystem	80
3.	STEDSSPECIFIK BRUTTOLISTE FOR CHRISTIANSØ	82
3.1	Udledning og typer af recipienter	83
3.2	Transport fra husstand til behandlingsanlæg	83
3.3	Spildevandssystem	83

Dette bilag udgør de to første trin i udvælgelsen af alternativer til spildevandshåndtering. Først opstilles en liste over alle teoretisk mulige løsninger uden at skelne til de fysiske forhold på den givne lokalitet. Denne liste ses i afsnittet med "Ikke stedsspecifik bruttoliste". Denne liste er opstillet med inspiration fra (Eilersen et al., 2001). Listen er i øvrigt illustreret i rapporten ved figur 4.1.

I næste omgang frasorteres alle de løsninger der ikke er teoretisk mulige på Christiansø. Det er f.eks. ikke muligt at nedsive til grundvandet eller udlede til fersk recipient på Christiansø. Dermed opnås en liste med alternativer der er mulige eller måske mulige. Denne liste ses i afsnittet med "Stedsspecifik bruttoliste for Christiansø".

For at opnå en endelig liste med et begrænset antal alternativer skal den stedsspecifikke bruttoliste gennemgås mere detaljeret for at udskille de mest lovende alternativer. Denne gennemgang kan ses i Bilag C. En oversigt over de udvalgte alternativer ses i rapportens afsnit 4.3.

For nærmere beskrivelse af de enkelte system komponenter henvises til (Eilersen et al., 2001). Der er foretaget en teknologibeskrivelse af de teknologier der anvendes i de opstillede løsninger (Bilag D).

Listernes opbygning

1. Listernes opbygning

Listen omfatter følgende elementer;

Recipienter er opdelt i to kategorier: Nærområde og fjern recipient. Med nærområde forstås en recipient der ligger i umiddelbar nærhed af hvor spildevandet produceres. F.eks. grundvandet under den pågældende grund eller et vandløb der passerer tæt forbi grunden.

Transport: Alt spildevand skal transporteres fra produktionssted til recipient.

Inddeling af systemer efter grad af sortering

Spildevandssystem: Systemet består af en toiletløsning og en eller flere renseteknologier. Et eksempel på et spildevandssystem kunne være vakuumtoilet og opsamling i samletank, transport til og rensning i centralt renseanlæg. Spildevandssystemerne er inddelt i følgende kategorier efter håndteringen af det sorte spildevand:

- Ingen sortering:
Der er ikke gjort noget for at adskille toiletspildevandet fra den øvrige spildevandsstrøm.
- Urinsortering:
Urin fjernes fra spildevandsstrømmen med henblik på genanvendelse. Dvs. at et urinsorterende toilet der er installeret for vandbesparelsens skyld og hvor urinen efter toilettet igen ledes sammen med det øvrige spildevand, ikke vil figurere i denne kategori.
- Urin- og fækaliesortering – urin og fækalier hver for sig:
Urin og fækalier frasorteres adskilt, dvs. at opbevaring sker i forskellige tanke. Urinen frasorteres med henblik på genanvendelse og fækalierne kan enten fjernes fra spildevandsstrømmen, for at blive efterbehandlet og senere genanvendt eller transporteret væk og blive rensset et andet sted end den øvrige spildevandsstrøm.
- Urin- og fækaliesortering – urin og fækalier sammen:
Urin og fækalier fjernes fra det øvrige spildevand, men opbevares samlet, enten med henblik på genanvendelse eller behandling et andet sted end det øvrige spildevand.

2. Ikke stedsspecifik bruttoliste

2.1 Udledning og typer af recipienter

Udledning til nærområde

Grundvand
Fersk recipient
Marin recipient

Afskæring til fjerntliggende recipient

Grundvand
Fersk recipient
Marin recipient

2.2 Transport fra husstand til behandlingsanlæg

Gravitationsledninger
Trykledninger
Tankbil

2.3 Spildevandssystem

Ingen sortering

Toilettype

Konventionelt toilet	(9 l/skyl)
Lavtskylstoilet	(3-6 l /skyl)
Vippetoilet	(1,2 l /skyl)
Vakuumtoilet	(0,8 l /skyl)

Rensning/udledning af spildevand

Ingen rensning
Udledning via septiktank

Udledning via septiktank og markdræn
Udledning efter fjernelse af partikulært materiale i Aquatron
Udledning til konventionelt renseanlæg
Udledning via minirensningsanlæg
Udledning til kompakt renseanlæg (Actiflo el. lignende)
Udledning via rodzoneanlæg
Udledning via pilefordampning
Udledning via sandfilter
Udledning via nedsivning
Spredning af spildevand på jordoverfladen

Urinsortering

Toilettype

Urinsorterende toiletter for opsamling af urin i tank
Urinal for opsamling af urin i tank i kombination med almindeligt toilet

Rensning/udledning af resterende spildevand

Ingen rensning
Udledning via septiktank
Udledning via septiktank og markdræn
Udledning efter delvis fjernelse af partikulært materiale i Aquatron
Udledning via renseanlæg
Udledning via minirensningsanlæg
Udledning via kompakt renseanlæg (Actiflo el. lignende)
Udledning via rodzoneanlæg
Udledning via pilefordampningsanlæg
Udledning via sandfilter
Udledning via nedsivning
Spredning på jordoverfladen

Urin- og fækaliesortering - Urin og fækalier for sig

Toilettype

Urinseparerende vandskylende toilet for opsamling af urin i tank og fækaliedelen opsamles i tank eller transporteres i separate ledninger.
Urinseparerende multitoilet (dvs. anden adskillelse uden vand)

Rensning/udledning af sort spildevand/fækalier

Udledning via renseanlæg
Udledning via kompakt renseanlæg (Actiflo el. lignende)
Udledning via minirensningsanlæg
Udledes via septiktank
Udledning efter fjernelse af partikulært materiale i Aquatron
Tørkompostering af fækalier
Vådkompostering af fækalier

Rensning/udledning af gråt spildevand

Ingen rensning
Udledning via kompakt renseanlæg (Actiflo el. lignende)
Udledning via minirensningsanlæg
Udledning via septiktank
Udledning via septiktank og markdræn
Udledning via rodzoneanlæg
Udledning via pilefordampningsanlæg

Udledning via sandfilter
Udledning via nedsivning
Spredning på jordoverfladen
Udledning via renseanlæg

Urin- og fækalisortering - Urin og fækalier sammen

Toilettype

Konventionelt toilet til separatsystem for sort spildevand.
Lavtskyllende toilet til separatsystem for sort spildevand.
Vakuumtoilet til separatsystem for sort spildevand.
Multtoilet
Latrinspand

Rensning/udledning af sort spildevand

Udledning via renseanlæg
Våd kompostering
Udledning via kompakt renseanlæg (Actiflo el. lignende)
Udledning via minirensningsanlæg
Udledning via septiktank
Udledning efter delvis fjernelse af partikulært materiale i Aquatron

Rensning/udledning af gråt spildevand

Ingen rensning
Udledning via kompakt renseanlæg (Actiflo el. lignende)
Udledning via minirensningsanlæg
Udledning via septiktank
Udledning via septiktank og markdræn
Udledning via rodzoneanlæg
Udledning til pilefordampningsanlæg
Udledning via sandfilter
Udledning via nedsivning
Spredning på jordoverfladen
Udledning via renseanlæg

Håndteringsmuligheder for slam

Transport til anden lokalitet
Afvanding
Mekanisk
Slammineraliseringsanlæg
Tørring

3. Stedsspecifik bruttoliste for Christiansø

I denne liste er alle alternativer på ovenstående liste vurderet i forhold til Christiansø. Alle alternativer der af den ene eller anden grund ikke er mulige, f.eks. på grund af de fysiske forhold, er slettet fra den generelle liste. Denne liste er således en liste over alternativer der potentielt kan anvendes på Christiansø.

Listen er opbygget og inddelt på samme måde som den generelle bruttoliste.

3.1 Udledning og typer af recipienter

Udledning til nærområde

Marin recipient, udledning som nu, meget tæt på kysten
Marin recipient, udløb samles i fælles udløb på bunden af havnen
Marin recipient, udløb føres et stykke ud i Østersøen
Marin recipient, udledning via bornholmsk renseanlæg

3.2 Transport fra husstand til behandlingsanlæg

Gravitationsledninger
Trykledninger
Tankbil/skib

3.3 Spildevandssystem

Ingen sortering

Toilettype

Konventionelt toilet	(9 l/skyl)
Lavtskylstoilet	(3-6 l /skyl)
Vippetoilet	(1,2 l /skyl)
Vakuumtoilet	(0.8 l /skyl)

Rensning/udledning af spildevand

Ingen rensning
Udledning via septiktank
Udledning efter fjernelse af partikulært materiale i Aquatron
Udledning via konventionelt renseanlæg på Christiansø
Udledning via konventionelt renseanlæg på Bornholm
Udledning via minirensningsanlæg
Udledning via kompakt renseanlæg (Actiflo el. lignende)

Urinsortering

Toilettype

Urinsorterende toiletter for opsamling af urin i tank
Urinal for opsamling af urin i tank i kombination med almindeligt toilet (9 liter, 3-6 liter eller 1 liter)

Rensning/udledning af resterende spildevand

Ingen rensning
Udledning via septiktank
Udledning efter delvis fjernelse af partikulært materiale i Aquatron
Udledning via konventionelt renseanlæg på Christiansø
Udledning via konventionelt renseanlæg på Bornholm
Udledning via kompakt renseanlæg (Actiflo el. lignende)
Udledning via minirensningsanlæg

Urin- og fækalisortering - Urin og fækalier for sig

Toilettype

Urinseparerende vandskylende toilet for opsamling af urin i tank og fækaliedelen opsamles i tank eller transporteres i separate ledninger.
Urinseparerende multitoilet (dvs. anden adskillelse uden vand)

Rensning/udledning af sort spildevand/fækalier

Udledning via septiktank
Udledning via konventionelt renseanlæg på Christiansø
Udledning via konventionelt renseanlæg på Bornholm
Udledning via kompakt renseanlæg (Actiflo el. lignende)
Udledning via minirensningsanlæg
Udledning efter fjernelse af partikulært materiale i Aquatron
Tørkompostering af fækalier

Rensning/udledning af gråt spildevand

Ingen rensning
Udledning via septiktank/fedtfang
Udledning via konventionelt renseanlæg på Christiansø
Udledning via konventionelt renseanlæg på Bornholm
Udledning via kompakt renseanlæg (Actiflo el. lignende)
Udledning via minirensningsanlæg

Urin- og fækaliesortering - Urin og fækalier sammen

Toilettype

Konventionelt toilet til separatsystem for sort spildevand.
Lavtskyllende toilet til separatsystem for sort spildevand.
Vakuumentoilet til separatsystem for sort spildevand.
Multtoilet/latrinspand (dvs. en vandfri toilettype)

Rensning/udledning af sort spildevand

Udledning via septiktank
Sort spildevand udledes efter delvis fjernelse af partikulært materiale i Aquatron
Udledning via renseanlæg på Christiansø
Udledning via renseanlæg på Bornholm
Udledning via kompakt renseanlæg (Actiflo el. lignende)
Udledning via minirensningsanlæg
Vådkompostering

Rensning/udledning af gråt spildevand

Ingen rensning
Udledning via septiktank/fedtfang
Udledning via renseanlæg på Christiansø
Udledning via renseanlæg på Bornholm
Udledning via kompakt renseanlæg (Actiflo el. lignende)
Udledning via minirensningsanlæg

Håndteringsmuligheder for slam

Transport til Bornholm
Afvanding
Mekanisk
Slammineraliseringsanlæg
Tørring

Bilag C: Mulige spildevandsløsninger på Christiansø

Indholdsfortegnelse:

1.	TÆT BEBYGGELSE	85
1.1	<i>Ingen Sortering</i>	85
1.2	<i>Urinsortering</i>	86
1.3	<i>Urin- og fækaliesortering</i>	87
2.	SPREDT BEBYGGELSE	91
2.1	<i>Ingen Sortering</i>	91
2.2	<i>Urinsortering</i>	92
2.3	<i>Urin- og fækaliesortering</i>	92
3.	HYTTER	97
3.1	<i>Urin- og fækaliesortering</i>	97
4.	OFFENTLIGE TOILETTER	98
4.1	<i>Ingen Sortering</i>	98
4.2	<i>Urinsortering</i>	99
4.3	<i>Urin- og fækaliesortering</i>	100

I dette bilag er der givet en mere uddybende beskrivelse og vurdering af spildevandssystemer med relevans på Christiansø. Bilaget fungerer, sammen med Bilag B, som værktøj og baggrund for rapportens afsnit 4.

1. Tæt bebyggelse

1.1 Ingen Sortering

Blandt spildevandsløsningerne for den tætte bebyggelse er der en række forskellige ikke-sorterende løsninger, dvs. løsninger, hvor urin, fækalier og gråt spildevand blandes, behandles og afledes sammen.

De ikke-sorterende løsninger omfatter:

- Ingen rensning
- Udledning via septiktanke
- Konventionelt renseanlæg på Bornholm
- Konventionelt renseanlæg på Christiansø
- Kompakt renseanlæg
- Minirensanlæg

Den praktiske udførelse af løsningerne kan basere sig på en række forskellige toilettyper, der for de ikke sorterende løsninger primært vil have betydning for vandforbruget og dermed for spildevandsmængden. De enkelte toilettyper behandles derfor ikke separat.

De forskellige toilettyper omfatter principielt:

- konventionelle toiletter
- lavtskylstoiletter (kan potentielt give problemer med tilstopning af kloak)
- vakuumpoiletter (forudsætter etablering af vakuumanlæg)

<i>Ingen rensning</i>	Udledning uden rensning er under de eksisterende forhold uacceptabel. Ved udledning via en "havledning" kunne de hygiejniske problemer omkring havnen undgås. Det vurderes imidlertid ikke at udledning gennem en havledning vil tilfredsstille de udledningskrav, der kan forventes.
<i>Udledning via septiktanke</i>	Ved udledning via en velfungerende septiktank opnås en rensning, der netop lever op til de forventede udledningskrav. Septiktanke vil løse de æstetiske problemer i havnen, men ikke ændre grundlæggende på de hygiejniske forhold. Det oplyses fra beboere på Christiansø, at de septiktanke, der tidligere har været etableret på Christiansø ikke fungerede efter hensigten.
<i>Konventionelt renseanlæg på Bornholm</i>	Ved at rense spildevandet i et konventionelt renseanlæg på Bornholm undgås ellers omfattende anlægsarbejder. Det er dog nødvendigt at anlægge et tankanlæg i havnen. Ligeledes kræver løsningen en speciel indretning af postbåden således at denne kan medtage spildevandet til Bornholm. Løsningen forventes at være dyr i drift.
<i>Konventionelt renseanlæg på Christiansø</i>	Denne løsning ville medføre et omfattende anlægsarbejde af et konventionelt renseanlæg og står ikke umiddelbart mål med de forventede udledningskrav. Hertil kommer at det er svært at anlægge et renseanlæg således at anlæggelsen harmonerer med de gældende fredningsbestemmelser. Løsningen bør dog tages med som en løsning, således at andre løsninger kan sættes op imod denne.
<i>Kompakt renseanlæg</i>	Løsningen er mindre krævende mht. sprængnings- og anlægsarbejder end det konventionelle renseanlæg. Ligeledes kan et sådant anlæg placeres uden at det virker iøjnefaldende, eksempelvis i eksisterende bygninger (pladsbehovet svarer ca. til en 20-fods container). Løsningen anses for at være et fornuftigt alternativ.
<i>Minirensanlæg</i>	Et sådant anlæg med kapacitet svarende til hele den permanente beboelse (primært den tætte bebyggelse) på Christiansø vil have en sådan størrelse at der ikke længere er tale om et minirensanlæg.

1.2 Urinsortering

De urinsortende løsninger for den tætte bebyggelse, omfatter løsninger hvor den menneskelige urin adskilles fra den øvrige spildevandsstrøm.

De urinsortende løsninger omfatter:

- Ingen rensning
- Udledning via septiktank
- Konventionelt renseanlæg på Bornholm
- Konventionelt renseanlæg på Christiansø
- Kompakt renseanlæg
- Minirensanlæg

Selve udførelsen af de urinsortende løsninger er primært baseret på anvendelsen af urinsortende toiletter hvor fækalier og urin adskilles og urinen opsamles i en tank. De urinsortende toiletter kan reducere den samlede spildevandsmængde med omkring 28-35 l/PE/dag.

<i>Ingen rensning</i>	Denne løsning vil kunne overholde de forventede udledningskrav mht. kvælstof, men ikke de krav der vil blive stillet for organisk stof og fosfor. De æstetiske problemer i havnen vil ikke blive løst med en sådan løsning. Der skal påregnes visse transportomkostninger da den opsamlede urin skal fragtes til Bornholm for at finde anvendelse.
-----------------------	--

<i>Udledning via septiktank</i>	På denne måde kan man sandsynligvis imødekomme de forventede udledningskrav. Ligeledes vil de æstetiske forhold omkring havnen blive forbedret.
<i>Konventionelt renseanlæg på Bornholm</i>	Er på trods af vandbesparelsen stadigvæk en dyr løsning i drift, men formentlig relativt billig i etablering.
<i>Konventionelt renseanlæg på Christiansø</i>	Kræver omfattende anlægsarbejder. Unødvendigt i forhold til de udledningskrav der forventes. Det vil ikke være muligt at lave et anlæg der ikke 'springer i øjnene'.
<i>Kompakt renseanlæg</i>	Vil være mindre krævende mht. sprængningsarbejder og andre anlægsarbejder end konventionelt renseanlæg. Nemmere at anlægge så det ikke bliver iøjnefaldende (pladsbehov ca. en 20-fods kontaminer). Fornuftigt alternativ fordi det kompakte anlæg primært fjerner BOD og fosfor. Dermed er der en tilstrækkelig reduktion af alle parametre, men unødvendigt i forhold til de udledningskrav der forventes.
<i>Minirensesanlæg</i>	For den tætte bebyggelse vil det være mere logisk at anlægge et konventionelt anlæg. Alternativt kan der installeres urinaler i kombination med konventionelle toilet hvilket dog ikke anses for værende et realistisk løsning for denne type af beboelse. Dette skyldes overvejelser omkring økonomien og de fysiske forhold.

1.3 Urin- og fækaliesortering

De urin- og fækaliesorteringende løsninger for den tætte bebyggelse, omfatter løsninger hvor både urin og fækalier frasorteres den øvrige spildevandsstrøm (herefter kaldet gråt spildevand) enten som to adskilte fraktioner eller sammen.

Urin og fækalier hver for sig

Hvis urinen og fækalierne frasorteres som to adskilte fraktioner, opsamles de i hver deres tank. Alternativt kan de opsamles via separat ledningsnet (reducerer den samlede spildevandsmængde med 28-35 l/PE/dag).

Urinsortering, vandskyllende toiletter

- **Sort spildevand**
 - Udledning via septiktank
Risikoen for overbelastning af tanken reduceres hvis det kun er sort spildevand der ledes i tanken. Størrelsen reduceres kraftigt da sort spildevand ekskl. urindel kun udgør ca. 10-20 l/PE/dag. Fjerner de æstetiske problemer og dermed en fornuftig løsning.
 - Konventionelt renseanlæg på Bornholm
Optimal reduktion af den spildevandsmængde der skal transporteres (produktion ca. 10-20 l/PE/dag), så denne løsning er den der gør transport mest realistisk. De tanke der bruges til transport af urin kan også bruges til transport af fækalier.
 - Konventionelt renseanlæg på Christiansø
Et renseanlæg der kun renser fækaliedelen af det sorte spildevand skal have en kapacitet så det må betegnes som minirensesanlæg.

- Kompakt renseanlæg
Minirensesanlæg anses for at være en bedre løsning.
- Minirensesanlæg
Vil resultere i effektiv fjernelse af N, P og BOD₅ for lave omkostninger, da der fokuseres på det mest forurenede vand. Kræver formodentlig trykledninger pga. den begrænsede vandmængde.
- **Gråt spildevand**
 - Ingen rensning
Det grå spildevand vil kun indeholde en meget begrænset del af stofferne. Ved at lave neddykkede udløb til bunden af havnen vil æstetiske problemer fra sæbe m.m sandsynligvis kunne reduceres til et minimum. Anses for at være en fornuftig løsning for denne spildevandsfraktion.
 - Udledning via septiktank/fedtfang
At rense det grå spildevand vil kun betyde begrænset yderligere rensning og øge risikoen for overbelastning af septiktankene. Hvis udledningskravene bliver skrappe kan det være nødvendigt også at gøre noget ved det grå spildevand.
 - Konventionelt renseanlæg på Bornholm
Urentabelt at transportere gråt spildevand til Bornholm.
 - Konventionelt renseanlæg på Christiansø
Omfattende anlægsarbejder. Unødvendigt i forhold til de udledningskrav der forventes. Det vil ikke være muligt at lave et anlæg der ikke 'springer i øjnene'. Hvis det grå spildevand ledes uden om et renseanlæg reduceres størrelsen heraf betydeligt.
 - Kompakt renseanlæg
Unødvendigt i forhold til de udledningskrav der forventes. Men ved skrappe udledningskrav kan det være en mulighed.
 - Minirensesanlæg
For de permanente boliger vil det være mere logisk at anlægge et konventionelt anlæg.

*Urinseparerende
multitoilet
(vand i fækaliedelen)*

- **Sort spildevand**
Umiddelbart vil det nok være vanskeligt at installere denne type af toiletter i de permanente boliger.
 - Udledning via septiktank
Der vil ikke løbe noget ud af tanken, dvs. urealistisk.
 - Konventionelt renseanlæg på Bornholm
Den tykkeste form af spildevand der kan opsamles, dvs. de billigste transportomkostninger. Genbrug af tanke til urintransport mulig.
 - Konventionelt renseanlæg på Christiansø
Er så koncentreret at det ikke kan ledes gennem et renseanlæg uden at der tilføres vand andre steder fra.
 - Kompakt renseanlæg
Er så koncentreret at det ikke kan ledes gennem et renseanlæg uden at der tilføres vand andre steder fra.
 - Minirensesanlæg
Er så koncentreret at det ikke kan ledes gennem et renseanlæg uden at der tilføres vand andre steder fra.

- Slammineralisering
Kan formodentlig ledes direkte ud på et slammineraliseringsanlæg. Hvis afledningsvandet herfra kan håndteres fornuftigt er slammineralisering en god mulighed. Et slammineraliseringsanlæg kræver et areal svarende til ca. 50 kg TS/m²/år.
- **Gråt spildevand**
 - Ingen rensning
 - Udledning via septiktank/fedtfang
 - Konventionelt renseanlæg på Bornholm
 - Konventionelt renseanlæg på Christiansø
 - Kompakt renseanlæg
 - Minirensanlæg

Der gælder de samme bemærkninger som for håndteringen af det grå spildevand i forbindelse med de urinsorterende, vandskylende toiletter.

Urin og fækalier håndteres sammen

Konventionelt toilet

- **Sort spildevand**
 - Udledning via septiktank
Størrelse af tankanlæg reduceres og risikoen for overbelastning minimeres når det grå spildevand ledes uden om septiktanken.
 - Konventionelt renseanlæg på Bornholm
 - Mængden der skal transporteres reduceres væsentligt.
 - Konventionelt renseanlæg på Christiansø
Der kan anlægges et væsentligt mindre anlæg, der størrelsesmæssigt næsten er at betragte som et minirensanlæg.
 - Kompakt renseanlæg
Actiflo-anlægget er ikke så følsomt overfor udsving i vandmængden, så det er mindre nødvendigt at reducere vandmængden ved separation hvis denne anlægstype vælges.
 - Minirensanlæg
Jfr. konventionelt renseanlæg på Christiansø.
- **Gråt spildevand**
 - Ingen rensning
Der opnås betydelige besparelser hvis det grå spildevand ledes uden om renseprocesserne. De æstetiske og miljømæssige konsekvenser ved direkte udledning af gråt spildevand er begrænsede.
 - Udledning via septiktank/fedtfang
At rense det grå spildevand vil kun betyde begrænset yderligere rensning og øger risikoen for overbelastning af septiktankene.
 - Konventionelt renseanlæg på Bornholm
Urentabelt at transportere gråt spildevand til Bornholm.
 - Konventionelt renseanlæg på Christiansø
Kræver omfattende anlægsarbejder der anses for unødvendigt i forhold til de udledningskrav der forventes. Det vil ikke være muligt at lave et anlæg der ikke 'springer i øjnene'. Hvis

det grå spildevand ledes uden om et renseanlæg, reduceres størrelsen heraf betydeligt.

- Kompakt renseanlæg
Anses for værende urealistisk.
- Minirenselanlæg
Anses for værende urealistisk.

Lavtskyloilet

- **Sort spildevand**
 - Udledning via septiktank
 - Konventionelt renseanlæg på Bornholm
 - Konventionelt renseanlæg på Christiansø
 - Kompakt renseanlæg
 - Minirenselanlæg

Samme bemærkninger som ved de konventionelle toiletter vedrørende rensemetoder. På grund af kloaknettets tilstand kan lavtskyloiletter give problemer med tilstopning af kloaksystemet. Tilgængæld vil størrelsen af renseanlæg kunne reduceres. Toilettypen medfører en reduktion af spildevandsmængderne svarende til ca. 20 l/PE/d. Et eventuelt renseanlæg vil have en størrelse så det kan betegnes som minirenselanlæg.

Problemet med kloaknettet kan løses ved at lave trykledninger. Transport til Bornholm bliver væsentligt billigere.

- **Gråt spildevand**

Samme bemærkninger som ved de konventionelle toiletter vedrørende rensemetoder.

Multtoilet/latrinspande

- **Sort spildevand**

Det er ikke muligt at anlægge multitoiletter i den permanente del af bebyggelsen.

- **Gråt spildevand**

Samme bemærkninger som ved de konventionelle toiletter vedrørende rensemetoder.

Vakuumtoiletter

- **Sort spildevand**
 - Udledning via septiktank
Størrelse af tankanlæg reduceres væsentligt ved etablering af vakuumsystem.
 - Konventionelt renseanlæg på Bornholm
Mængden af spildevand reduceres meget - der skal kun laves et tankanlæg på havnen.
 - Konventionelt renseanlæg på Christiansø
Et renseanlæg der renser sort spildevand fra vakuumtoiletter er et minirenselanlæg.
 - Kompakt renseanlæg
Minirenselanlægget anses for at være en bedre løsning.
 - Minirenselanlæg
Jfr. konventionelt renseanlæg på Christiansø.

- **Gråt spildevand**

Samme bemærkninger som ved de konventionelle toiletter vedrørende rensemetoder.

2. Spredt bebyggelse

2.1 Ingen Sortering

Blandt spildevandsløsningerne for den spredte bebyggelse på Christiansø er der en række løsninger der ingen sortering medfører.

De ikke-sorterende løsninger for den spredte bebyggelse omfatter:

- Ingen rensning
- Udledning via septiktank
- Konventionelt renseanlæg på Bornholm
- Konventionelt renseanlæg på Christiansø
- Kompakt renseanlæg
- Minirensanlæg

Den praktiske udførelse af løsningerne kan basere sig på en række forskellige toilettyper, der for de ikke-sorterende løsninger primært vil have betydning for vandforbruget og dermed for spildevandsmængden. Dette har bl.a. betydning for omfanget af et eventuelt transportbehov til Bornholm og kapaciteten af eventuelle rensningsanlæg. De enkelte toilettyper behandles ikke separat i det følgende.

De forskellige toilettyper ved de ikke-sorterende løsninger omfatter principielt:

- konventionelt toilet
- lavtskylstoilet
- vippetoilet
- vakuumtoilet

<i>Ingen rensning</i>	Ikke godt nok æstetisk og miljømæssigt.
<i>Udledning via septiktank</i>	Vil i forhold til de forventede krav <u>netop</u> overholde kravene til rensning. Kan være en mulighed for de boliger der ligger længst væk fra den øvrige bebyggelse.
<i>Konventionelt rensningsanlæg på Bornholm</i>	Kræver ingen anlægsarbejder andet end et tankanlæg på havnen. Kræver indretning af et skib så det kan medtage spildevandet. Løsningen er dyr i drift og derfor kun et alternativ hvis spildevand fra andre beboelsestyper også transporteres.
<i>Konventionelt rensningsanlæg på Christiansø</i>	Kræver omfattende anlægsarbejder. Måske unødvendigt i relation til de udledningskrav der forventes. Det vil ikke være muligt at lave et anlæg der ikke 'springer i øjnene'. Bør dog tages med som alternativ. Specielt den spredte bebyggelse er dyr at koble på et renseanlæg fordi der skal føres nye ledninger (evt. etablering af mobile trykledninger).
<i>Kompakt renseanlæg</i>	Vil være mindre krævende mht. sprængningsarbejder og andre anlægsarbejder end konventionelt renseanlæg. Nemmere at anlægge så det ikke virker skæmmende (pladsbehovet svarer ca. til en 20-fods kontaminer). Specielt den spredte bebyggelse er dyr at koble på et renseanlæg fordi der skal føres ledninger (evt. etablering af mobile trykledninger).
<i>Minirensanlæg</i>	Kan være en mulighed bl.a. ved lægeboligen der ligger relativt tæt på vandforsyningen. Minirensanlæg er dyrere i drift til gengæld undgås det at skulle nedgrave (eller sprænge) en lang afløbsledning.

2.2 Urinsortering

De urinsorterende løsninger for den spredte bebyggelse omfatter løsninger hvor den menneskelige urin adskilles fra den øvrige spildevandsstrøm.

De urinsorterende løsninger omfatter:

- Ingen rensning
- Udledning via septiktank
- Konventionelt renseanlæg på Bornholm
- Konventionelt renseanlæg på Christiansø
- Kompakt renseanlæg
- Minirensanlæg

Selve udførelsen af de urinsorterende løsninger er primært baseret på anvendelsen af urinsorterende toiletter hvor fækalier og urin adskilles og urinen opsamles i en tank. De urinsorterende toiletter kan reducere den samlede spildevandsmængde med omkring 28-35 l/PE/dag.

Ingen rensning

Vil overholde udledningskravene mht. kvælstof og fosfor, men ikke til organisk stof. De spredte bebyggelser har mulighed for at sprede urinen ud i egen have.

Udledning via septiktank

Vil overholde forventede udledningskrav.

Konventionelt renseanlæg på Bornholm

På trods af vandbesparelsen stadig en dyr løsning i drift, men formentlig relativ billig i etablering.

Konventionelt renseanlæg på Christiansø

Kræver omfattende anlægsarbejder. Unødvendigt i forhold til de udledningskrav der forventes. Det vil ikke være muligt at lave et anlæg der ikke 'springer i øjnene'. For nogle ejendomme er det måske for dyrt at føre en kloakledning ud til kun en enkelt husstand. Her ses samletanke som et tiltag til at opsamle spildevandet m.h.p. borttransport i vogn eller mobile trykledninger.

Kompakt renseanlæg

Vil være mindre krævende mht. sprængningsarbejder og andre anlægsarbejder end konventionelt renseanlæg. Nemmere at anlægge så det ikke virker skæmmende (pladsbehovet svarer ca. til en 20-fods kontaminer). Fornuftigt alternativ fordi det kompakte anlæg primært fjerner BOD og P og medfører dermed en tilstrækkelig reduktion af alle parametre, men unødvendigt i forhold til de udledningskrav der forventes.

Minirensanlæg

Måske en mulighed der dog afhænger af prisen på anlæggelse af kloakledninger.

Alternativt kan der installeres urinaler i kombination med konventionelle toilet hvilket dog ikke anses for værende et realistisk alternativ for denne type af beboelse. Dette skyldes overvejelser omkring økonomien og de fysiske forhold.

2.3 Urin- og fækaliesortering

De urin- og fækaliesorterende løsninger omfatter løsninger hvor både urin og fækalier frasorteres den øvrige spildevandsstrøm (herefter kaldet gråt spildevand) enten som to adskilte fraktioner eller sammen.

Urin og fækalier hver for sig

Hvis urinen og fækalierne frasorteres som to adskilte fraktioner, opsamles de i hver deres tank. Alternativt kan de opsamles via separat ledningsnet (reducerer den samlede spildevandsmængde med 28-35 l/PE/dag).

*Urinsorterende,
vandskylende toiletter*

- **Sort spildevand**
 - Udledning via septiktank
 - Risikoen for overbelastning af tanken reduceres hvis det kun er sort spildevand der ledes i tanken. Tankstørrelsen reduceres kraftigt da sort spildevand ekskl. urindel kun udgør ca. 10-20 l/PE/dag. Løsningen anses for værende fornuftig, men med små mængder spildevand var det måske bedre at samle materialet i en tank og transportere det til renseanlæg eller central septiktank.
 - Konventionelt renseanlæg på Bornholm
 - Optimal reduktion af den spildevandsmængde der skal transporteres (produktion ca. 10-20 l/PE/dag), så denne løsning er den der gør transport mest realistisk. De tanker der bruges til transport af urin kan også bruges til transport af fækalier. Løsningen er dog dyrere i anlæg fordi der skal etableres nye toiletter.
 - Konventionelt renseanlæg på Christiansø
 - Et renseanlæg der kun renser fækaliedelen af det sorte spildevand har vel en kapacitet så det må betegnes som et minirensanlæg.
 - Kompakt renseanlæg
 - Minirensanlæg er en bedre løsning.
 - Minirensanlæg
 - Vil resultere i effektiv fjernelse af N, P og BOD₅ ved lave omkostninger, da der fokuseres på det mest forurenede vand. Kræver formodentlig trykledninger pga. den begrænsede vandmængde.
- **Gråt spildevand**
 - Ingen rensning
 - Det grå spildevand vil kun indeholde en meget begrænset del af stofmængderne, på nær mht. organisk stof (BOD₅), hvor ca. 60 % findes i det grå spildevand. Men dog en mulighed eftersom der er tale om få PE og fordi det vil være dyrt at transportere vandet væk.
 - Udledning via septiktank/fedtfang
 - At rense det grå spildevand vil fjerne en del organisk stof i det grå spildevand. Kan være en fornuftig løsning for huse nær vandforsyningen.
 - Konventionelt renseanlæg på Bornholm
 - Urentabelt at transportere gråt spildevand til Bornholm.
 - Konventionelt renseanlæg på Christiansø
 - Kræver omfattende anlægsarbejder. Unødvendigt i forhold til de udledningskrav der forventes. Det vil ikke være muligt at lave et anlæg der ikke 'springer i øjnene'. Hvis det grå spildevand ledes uden om et renseanlæg reduceres størrelsen heraf betydeligt.

- Kompakt renseanlæg
 - Unødvendigt i forhold til de udledningskrav der forventes. Men ved skrappere udledningskrav kan det være en mulighed. Men de spredte huse vil i så tilfælde blive koblet på et anlæg for hele øen, enten via trykledninger eller vogn.
- Minirensesanlæg
 - Det er urealistisk at lave et anlæg kun til gråt spildevand.

Urinseparerende, multitoilet (vand i fækaliedelen)

Det vil nok være vanskeligt at installere denne type toiletter i den mere permanente beboelse.

- **Sort spildevand**
 - Konventionelt renseanlæg på Christiansø
 - Er så koncentreret at det ikke kan ledes gennem et renseanlæg uden at der tilføres vand andre steder fra. Det er måske en mulighed for fjerntliggende boliger et samle det i tanke der tømmes i renseanlæg løbende.
 - Kompakt renseanlæg
 - Det er måske en mulighed for fjerntliggende boliger et samle det i tanke der tømmes i renseanlæg løbende.
 - Minirensesanlæg
 - Urealistisk.
 - Slammineralisering
 - Kan formentligt ledes direkte ud på slammineraliseringsanlæg. Hvis afledningsvandet herfra kan håndteres fornuftigt, anses løsningen for værende mulig.
- **Gråt spildevand**
 - Ingen rensning
 - Udledning via septiktank/fedtfang
 - Konventionelt renseanlæg på Bornholm
 - Konventionelt renseanlæg på Christiansø
 - Kompakt renseanlæg
 - Minirensesanlæg

Der gælder de samme bemærkninger som ved de urinsorterende, vandskylende toiletter mht. rensetiltag for det grå spildevand.

Urin og fækalier håndteres sammen

Konventionelt toilet

- **Sort spildevand**
 - Udledning via septiktank
 - Størrelsen af tankanlæg reduceres og risiko for overbelastning minimeres når det grå spildevand ledes uden om septiktanken.
 - Konventionelt renseanlæg på Bornholm
 - Mængden der skal transporteres reduceres væsentligt. Der bliver ikke nogen problemer med rensning af tanke fordi de bruges til forskellige ting (herunder dobbelte tankanlæg).
 - Konventionelt renseanlæg på Christiansø
 - Mængden der skal transporteres reduceres væsentligt. Jfr. i øvrigt minirensesanlæg.
 - Minirensesanlæg
 - Der kan anlægges et væsentligt mindre anlæg, der størrelsesmæssigt næsten er at betragte som et minirensesanlæg.

- Kompakt renseanlæg
 - Actiflo-anlægget er ikke så følsomt overfor udsving i vandmængden, så det er ikke nødvendigt at reducere vandmængden ved separation hvis denne anlægstype vælges.
- **Gråt spildevand**
 - Ingen rensning
 - Der opnås betydelige besparelser hvis det grå spildevand ledes uden om rensprocesserne. De æstetiske og miljømæssige konsekvenser vil også være begrænsede.
 - Udledning via septiktank/fedtfang
 - Det grå spildevand vil kun indeholde en meget begrænset del af stofmængderne, på nær mht. organisk stof (BOD₅), hvor ca. 60 % findes i det grå spildevand. Men måske en mulighed fordi der er tale om få PE og fordi det vil være dyrt at transportere vandet væk.
 - Konventionelt renseanlæg på Bornholm
 - Urentabelt at transportere gråt spildevand til Bornholm.
 - Konventionelt renseanlæg på Christiansø
 - Omfattende anlægsarbejder. Unødvendigt i forhold til de udledningskrav der kommer. Det vil ikke være muligt at lave et anlæg der ikke 'springer i øjnene'. Hvis det grå spildevand ledes uden om et renseanlæg reduceres størrelsen heraf betydeligt.
 - Kompakt renseanlæg
 - Urealistisk.
 - Minirensanlæg
 - Urealistisk.

Lavtskylstoilet

- **Sort spildevand**
 - Udledning via septiktank
 - Konventionelt renseanlæg på Bornholm
 - Konventionelt renseanlæg på Christiansø
 - Kompakt renseanlæg
 - Minirensanlæg

Samme bemærkninger som for sort spildevand ovenfor vedrørende rensemetode. Et eventuelt renseanlæg vil have en størrelse så det betegnes som minirensanlæg. Transport til Bornholm bliver væsentligt billigere.

- **Gråt spildevand**
 - Ingen rensning
 - Udledning via septiktank/fedtfang
 - Konventionelt renseanlæg på Bornholm
 - Konventionelt renseanlæg på Christiansø
 - Kompakt renseanlæg
 - Minirensanlæg

Der gælder de samme bemærkninger som ved de konventionelle toiletter mht. rensetiltag for det grå spildevand fra den spredte bebyggelse.

*Multitoilet -
latrinspande*

- **Sort spildevand**
 - Konventionelt renseanlæg på Bornholm
 - Meget tyk form af kloakspildevand. Nem at håndtere fordi urin og fækalier håndteres samtidigt. Transportbehovet til Bornholm vil være minimalt for denne type af beboelse.
 - Konventionelt renseanlæg på Christiansø
 - Det billigste er formentlig at tømme toiletter med en lokal slamsuger.
 - Kompakt renseanlæg
 - Det billigste er formentlig at tømme toiletter med en lokal slamsuger.
 - Slammineralisering
 - Hvis der i forbindelse med et centralt anlæg på øen anlægges et slamanlæg er det ligeså godt at hælde latrinen direkte på det som at hælde det i renseanlægget.
- **Gråt spildevand**
 - Ingen rensning
 - Udledning via septiktank/fedtfang
 - Konventionelt renseanlæg på Bornholm
 - Konventionelt renseanlæg på Christiansø
 - Kompakt renseanlæg
 - Minirensanlæg

Der gælder de samme bemærkninger som ved de konventionelle toiletter mht. rensetiltag for det grå spildevand fra den spredte bebyggelse.

Vakuumtoiletter

- **Sort spildevand**
 - Udledning via septiktank
 - Størrelsen af tankanlæg reduceres og risikoen for overbelastning minimeres når det grå spildevand ledes uden om septiktanken.
 - Konventionelt renseanlæg på Bornholm
 - Mængden af spildevand reduceres meget, der skal kun laves et tankanlæg på havnen.
 - Konventionelt renseanlæg på Christiansø
 - Jfr. minirensanlæg.
 - Kompakt renseanlæg
 - Det billigste er formentlig at tømme vakuumsystemet med en lokal slamsuger.
 - Minirensanlæg
 - Et renseanlæg der rens sort spildevand fra vakuumtoiletter er et minirensanlæg. Det billigste er formentlig at tømme vakuumsystemet med en lokal slamsuger.
- **Gråt spildevand**
 - Ingen rensning
 - Udledning via septiktank/fedtfang
 - Konventionelt renseanlæg på Bornholm
 - Konventionelt renseanlæg på Christiansø
 - Kompakt renseanlæg
 - Minirensanlæg

Der gælder de samme bemærkninger som ved de konventionelle toiletter mht. rensetiltag for det grå spildevand fra den spredte bebyggelse.

3. Hytter

Det grå spildevand fra hytterne er ikke medtaget i analysen, fordi mængden er meget lille (der er ikke indlagt vand) og fordi det formentlig spredes ud i haven og lignende. Kategoriseringsmæssigt betyder det at mulige løsninger kommer til at høre under 'urin og fækalisortering' fordi det grå vand er sorteret fra. Alle former for toiletter der kræver indlagt vand eller kloakledninger er ikke medtaget fordi det anses for urealistisk at kunne føre ledninger i hytteområderne.

Generelt kan det siges at den rensning der sker af hytternes spildevand, skal vælges så den kan kobles på den, der vælges for den tætte bebyggelse og de offentlige toiletter.

3.1 Urin- og fækalisortering

Urin- og fækalier hver for sig

*Urinseparerende
multtoiletter (vand i
fækaliedelen)*

- **Sort spildevand**
 - Konventionelt renseanlæg på Bornholm
 - Den mest komprimerede form af fækalier der kan produceres, dvs. de billigste transportomkostninger. Genbrug af tanke til urintransport er mulig.
 - Konventionelt renseanlæg på Christiansø
 - Hvis der anlægges et renseanlæg på øen, skal der etableres et sted hvor toiletspande kan hældes i kloakken, eventuelt et tankanlæg så spandene kan ledes til anlægget når det er mest hensigtsmæssigt for anlægget.
 - Kompakt renseanlæg
 - Hvis der anlægges et renseanlæg på øen, skal der etableres et sted hvor toiletspande kan hældes i kloakken, eventuelt et tankanlæg så spandene kan ledes til anlægget når det er mest hensigtsmæssigt i anlægsdriften.
 - Slammineralisering
 - Hvis der i forbindelse med et centralt anlæg på øen anlægges et slamanlæg er det ligeså godt at hælde latrinen direkte på det som at hælde det i selve renseanlægget.

Urin og fækalier håndteres sammen

*Multtoilet -
latrinspande*

- **Sort spildevand**
 - Konventionelt renseanlæg på Bornholm
 - Meget tyk form for spildevand. Nem at håndtere fordi urin og fækalier håndteres samtidig. Transportbehovet til Bornholm vil være minimalt for denne type af beboelse.
 - Konventionelt renseanlæg på Christiansø
 - Jfr. kompakte renseanlæg
 - Kompakt renseanlæg
 - Hvis der anlægges et renseanlæg på øen, skal der etableres et sted hvor toiletspande kan hældes i kloakken, eventuelt et tankanlæg så spandene kan ledes til anlægget når det er mest hensigtsmæssigt i anlægsdriften.

- Slammineralisering
 - Hvis der i forbindelse med et centralt anlæg på øen anlægges et slamanlæg er det ligeså godt at hælde latrinen direkte på det som at hælde det i selve renselanlægget.

- **Gråt spildevand**

Det grå spildevand udledt fra hytterne er ikke behandlet i nærværende oversigt over mulige spildevandssystemer for Christiansø. Dette skyldes at mængderne er meget beskedne og at gråvandet fra hytteboerne formentlig spredes ud i haverne (lokal nedsivning).

4. Offentlige toiletter

4.1 Ingen Sortering

Blandt spildevandsløsningerne for de offentlige toiletter er der en række forskellige ikke-sorterende løsninger, dvs. løsninger, hvor urin, fækalier og gråt spildevand blandes, behandles og afledes sammen.

De ikke-sorterende løsninger omfatter:

- Ingen rensning
- Udledning via septiktanke
- Konventionelt renselanlæg på Bornholm
- Konventionelt renselanlæg på Christiansø
- Kompakt renselanlæg

Den praktiske udførelse af løsningerne kan basere sig på en række forskellige toilettyper, der for de ikke-sorterende løsninger primært vil have betydning for vandforbruget og dermed for spildevandsmængden. De enkelte toilettyper behandles derfor ikke separat. Et eventuelt rensningsanlæg kan dimensioneres mindre hvis vandbesparende toiletsystemer implementeres.

De forskellige toilettyper omfatter principielt:

- konventionelle toiletter
- lavtskylstoiletter (kan øge risikoen for tilstopning i kloaknettet)
- vippetoilet (mindre robuste end øvrige toilettyper)
- vakuumtoiletter (forudsætter etablering af vakuumsystem)

Et eventuelt problem med tilstopning af kloaknettet kan løses ved at etablere trykledninger. Hvis der alligevel skal ske en renovering af kloaknettet kunne man overveje at nedlægge trykledninger i de gamle rørføringer og således imødekomme eventuelle tilstopningsproblemer ved nye toiletsystemer (lavtskyls-, vippe- og vakuumtoiletter).

Ingen rensning

Ikke godt nok æstetisk og miljømæssigt.

Udledning via septiktank

Vil i forhold til forventede krav netop overholde kravene til rensning. Fjerner æstetiske problemer i havnen. Det kan være problematisk at få nedgravet så store tanke i nærheden. En septiktank har måske kun ringe effekt fordi der er relativt få fækalier i forhold til andre typer af spildevand.

Konventionelt renselanlæg på Bornholm Kræver ingen anlægsarbejder andet end et tankanlæg på havnen. Kræver indretning af et skib så det kan medtage spildevandet. Dyrt i drift. Det er måske en mulighed at bortsejle 'turistspildevandet' i højsæsonen, hvilket vil reducere størrelsen af et renselanlæg på Christiansø.

Konventionelt renselanlæg på Christiansø Kræver omfattende anlægsarbejder. Måske unødvendigt i forhold til de udledningskrav der kommer. Det vil ikke være muligt at lave et anlæg der ikke 'springer i øjnene'. Den løsning med den største spildevandsmængde og dermed det største anlæg.

Kompakt renselanlæg Vil være mindre krævende mht. sprængningsarbejder og andre anlægsarbejder end konventionelt renselanlæg. Nærmere at anlægge så det ikke bliver iøjnefaldende (pladsbehovet svarer ca. til en 20-fods kontainer). Anses for værende en fornuftig løsning.

4.2 Urinsortering

De urinsortende løsninger for de offentlige toiletter omfatter løsninger hvor den menneskelige urin adskilles fra den øvrige spildevandsstrøm.

De urinsortende løsninger omfatter:

- Ingen rensning
- Udledning via septiktank
- Konventionelt renselanlæg på Bornholm
- Konventionelt renselanlæg på Christiansø
- Kompakt renselanlæg

Selve udførelsen af de urinsortende løsninger er primært baseret på anvendelsen af urinsortende toiletter hvor fækalier og urin adskilles og urinen opsamles i en tank. De urinsortende toiletter kan reducere den samlede spildevandsmængde med omkring 28-35 l/PE/dag.

Ingen rensning Vil overholde udledningskravene mht. kvælstof og fosfor, men ikke til organisk stof. Fjerner ikke de æstetiske problemer i havnen. Opsamlet urin må fragtes til Bornholm for at kunne anvendes.

Udledning via septiktank Vil overholde kravene til rensning. Fjerner også de æstetiske problemer i havnen.

Konventionelt renselanlæg på Bornholm Er på trods af vandbesparelsen stadigvæk en dyr løsning i drift, men formentlig relativt billig i etablering.

Konventionelt renselanlæg på Christiansø Kræver omfattende anlægsarbejder. Unødvendigt i forhold til de udledningskrav der forventes. Det vil ikke være muligt at lave et anlæg der ikke 'springer i øjnene'.

Kompakt renselanlæg Vil være mindre krævende mht. sprængningsarbejder og andre anlægsarbejder end konventionelt renselanlæg. Nærmere at anlægge så det ikke virker skæmmende (pladsbehovet svarer ca. til en 20-fods kontainer). Fornuftigt alternativ fordi det kompakte anlæg primært fjerner BOD og P og medfører dermed en tilstrækkelig reduktion, men unødvendigt i forhold til de udledningskrav der forventes.

Udover de urinsortierende toiletter kunne der etableres urinaler i kombination med et konventionelt toilet. Dette anses dog for at være et ikke realistisk alternativ for de offentlige toiletter. Dette grunder bl.a. i økonomiske og pladsmæssige aspekter omkring en sådan løsning.

Etablering af vandfrie urinaler vil gøre urinen mere koncentreret samt give reduceret volumen. De vandfrie urinaler kan også bruges som vandbesparende tiltag uden egentlig opsamling af urin.

4.3 Urin- og fækaliesortering

De urin- og fækaliesortierende løsninger omfatter løsninger hvor både urin og fækalier frasorteres den øvrige spildevandsstrøm (herefter kaldet gråt spildevand) enten som to adskilte fraktioner eller sammen.

Urin og fækalier hver for sig

Hvis urinen og fækalierne frasorteres som to adskilte fraktioner, opsamles de i hver deres tank. Alternativt kan de opsamles via separat ledningsnet (reducerer den samlede spildevandsmængde med 28-35 l/PE/dag).

*Urinsorterende,
vandskylende
toiletter*

- **Sort spildevand**
 - Udledning via septiktank
 - Risikoen for overbelastning af tanken reduceres hvis det kun er sort spildevand der ledes gennem septiktank. Tankstørrelsen reduceres ligeledes. Fjerner æstetiske problemer i havnen.
 - Konventionelt renseanlæg på Bornholm
 - Optimal reduktion af den spildevandsmængde der skal transporteres (produktion ca. 10-20 l/PE/dag), så denne løsning er den der gør transport mest realistisk. De tanke der bruges til transport af urin kan også bruges til transport af fækalier.
 - Konventionelt renseanlæg på Christiansø
 - Et renseanlæg der kun renser fækaliedelen af det sorte spildevand har en kapacitet så det må betegnes som minirensanlæg.
 - Kompakt renseanlæg
 - Minirensanlæg er nok en bedre løsning.
 - Minirensanlæg
 - Vil give effektiv fjernelse af N, P og BOD ved lave omkostninger, da der fokuseres på det mest forurenede vand. Løsningen kræver formentlig etablering af trykledninger pga. den begrænsede vandmængde.
- **Gråt spildevand**
 - Ingen rensning
 - Da der ikke ret meget stof i det grå spildevand eftersom det stammer fra bad og håndvask, vil det kunne udledes direkte. Ved at lave neddykkede udløb på bunden af havnen vil æstetiske problemer pga. sæberester m.m sandsynligvis kunne reduceres til et minimum.
 - Udledning via septiktank/fedtfang
 - Der er ikke ret meget stof i det grå spildevand eftersom det stammer fra bad og håndvask og vil kunne udledes direkte. Hvis udledningskravene bliver skrappe kan det være nødvendigt også at gøre noget ved det grå spildevand (eksempelvis septiktank/fedtfang).

- Konventionelt renseanlæg på Bornholm
 - Urentabelt at transportere gråt spildevand til Bornholm.
- Konventionelt renseanlæg på Christiansø
 - Ideen med sortering forsvinder hvis det grå spildevand ledes til renseanlæg.
- Kompakt renseanlæg
 - Unødvendigt i forhold til de udledningskrav der forventes. Men ved strengere udledningskrav ses det som en mulighed.
- Minirensanlæg
 - Der er ikke plads til minirensanlæg lige ved siden af de offentlige toiletter.

*Urinseparerende
multitoilet
(vand i fækaliedelen)*

- **Sort spildevand**
 - Konventionelt renseanlæg på Bornholm
 - Den mest komprimerede form af fækalier der kan produceres, dvs. de billigste transportomkostninger. Genbrug af tanke til urintransport er mulig.
 - Konventionelt renseanlæg på Christiansø
 - Er så koncentreret at det kan ikke ledes gennem et renseanlæg uden at der tilføres vand andre steder fra.
 - Kompakt renseanlæg
 - Er så koncentreret at det kan ikke ledes gennem et renseanlæg uden at der tilføres vand andre steder fra.
 - Minirensanlæg
 - Er så koncentreret at det kan ikke ledes gennem et renseanlæg uden at der tilføres vand andre steder fra.
 - Slammineralisering
 - Kan formodentlig ledes direkte ud på slammineraliseringsanlæg. Hvis afledningsvandet herfra kan håndteres fornuftigt ses det som en mulig løsning.

- **Gråt spildevand**

Der gælder de samme bemærkninger som ved de urinsorterende, vandskylende toiletter mht. rensetiltag for det grå spildevand fra de offentlige toiletter.

Urin og fækalier håndteres sammen

Konventionelt toilet

- **Sort Spildevand**
 - Udledning via septiktank
 - Størrelsen af tankanlæg reduceres og risiko for overbelastning minimeres når det grå spildevand ledes uden om septiktanken.
 - Konventionelt renseanlæg på Bornholm
 - Mængden der skal transporteres reduceres væsentligt.
 - Konventionelt renseanlæg på Christiansø
 - Jfr. minirensanlæg.
 - Kompakt renseanlæg
 - Actiflo-anlægget er ikke så følsomt overfor udsving i vandmængden, så det er ikke nødvendigt at reducere vandmængden ved separation hvis denne anlægstype vælges.
 - Minirensanlæg
 - Der kan anlægges et væsentligt mindre anlæg, der størrelsesmæssigt næsten er at betragte som et minirensanlæg.

- **Gråt spildevand**
 - Ingen rensning
 - Der opnås betydelige besparelser hvis det grå spildevand ledes uden om rensprocesserne. De æstetiske og miljømæssige konsekvenser vil være begrænsede.
 - Udledning via septiktank/fedtfang
 - At rense det grå spildevand vil kun betyde begrænset yderligere rensning (forholdsmæssigt) og øger samtidigt risikoen for overbelastning af septiktankene.
 - Konventionelt rensanlæg på Bornholm
 - Urentabelt at transportere gråt spildevand til Bornholm.
 - Konventionelt rensanlæg på Christiansø
 - Kræver omfattende anlægsarbejder. Unødvendigt i forhold til de udledningskrav der forventes. Det vil ikke være muligt at lave et anlæg der ikke 'springer i øjnene'. Hvis det grå spildevand ledes uden om et rensanlæg reduceres størrelsen heraf betydeligt.
 - Kompakt rensanlæg
 - Urealistisk.
 - Minirensanlæg
 - Urealistisk.

Lavtskylstoilet

- **Sort Spildevand**
 - Udledning via septiktank
 - Konventionelt rensanlæg på Bornholm
 - Konventionelt rensanlæg på Christiansø
 - Kompakt rensanlæg
 - Minirensanlæg

Samme bemærkninger som for sort spildevand ovenfor vedrørende rensemetode. På grund af kloaknettets tilstand kan lavtskylende toiletter give problemer med tilstopning af nettet, til gengæld vil størrelsen af rensanlæg blive mindre. Et eventuelt rensanlæg vil have en størrelse så det betegnes som minirensanlæg. Problemet med kloaknettet kan løses ved at lave trykledninger. Transport til Bornholm bliver væsentligt billigere.

- **Gråt spildevand**

Der gælder de samme bemærkninger som til de konventionelle toiletter mht. rensetiltag for det grå spildevand fra de offentlige toiletter.

Multtoiletter - latrinspande

- **Sort Spildevand**

Det vil kræve at der graves/sprænges ud under de offentlige toiletter, hvilket vil meget vanskeligt, især på havnen.

- **Gråt spildevand**

Der gælder de samme bemærkninger som til de konventionelle toiletter mht. rensetiltag for det grå spildevand fra de offentlige toiletter.

Vakuumtoiletter

- **Sort Spildevand**

- Udledning via septiktank
 - Størrelsen af tankanlæg reduceres og risiko for overbelastning minimeres når det grå spildevand ledes uden om septiktanken.

- Konventionelt renseanlæg på Bornholm
 - Mængden af spildevand reduceres meget og der skal kun laves et tankanlæg på havnen.
- Konventionelt renseanlæg på Christiansø
 - Jfr. minirenselanlæg.
- Kompakt renseanlæg
 - Minirenselanlægget er en mere hensigtsmæssig løsning.
- Minirenselanlæg
 - Et renseanlæg der renser sort spildevand fra vakuumtoiletter er et minirenselanlæg.

- **Gråt spildevand**

Der gælder de samme bemærkninger som til de konventionelle toiletter mht. rensetiltag for det grå spildevand fra de offentlige toiletter.

Bilag D: Teknologibeskrivelser

Indholdsfortegnelse:

1. SAMLETANKE (HERUNDER LATRINSPANDE OG URINTANKE)	105
2. SORTERENDE TOILETTER	106
3. KLOAKERING VED TRYKLEDNING	108
4. VAKUUMSYSTEMER	110
5. MEKANISK/BIOLOGISK/KEMISK RENSEANLÆG (MBNDK)	112
6. KOMPAKTANLÆG (ACTIFLO)	113

I dette bilag beskrives og vurderes de teknologier, der indgår i de opstillede løsninger.

1. Samletanke (herunder latrinspande og urintanke)

Opbygning og funktion

Opsamling af spildevand og organisk affald fra husholdninger for videre håndtering med henblik på genanvendelse eller hvor nedsivning eller udledning til lokal recipient ikke er mulig. Samletanken kan anvendes til opsamling af alt husholdningsspildevand eller gråt eller sort spildevand alene, eller urin alene. Tanken kan også anvendes til opsamling af køkkenaffald i kombination med forskellige fraktioner af husspildevand.

Opsamling af spildevand og organisk affald fra husholdninger. Tømmes med slamsuger 1-50 gange årligt, afhængigt af affaldstype, tankstørrelse og mængden af skyllevand der anvendes. Lokal håndtering af mindre tanke eller plastikdunke til urinopsamling klares af brugerne.

Samletankene kan være udformet på en række forskellige måder, normalt tilledes de vandbårne affaldsfraktioner med rør, men kan desuden tilføres fast køkkenaffald hvis der også etableres en skakt som affaldet kan tilledes gennem. Samletanke fås i polyester, glasfiberarmeret polyester og beton. Tankene er normalt placeret i jorden, dels for at spildevand kan tilledes ved gravitation, dels for at tanken ikke skal optage mere plads end højst nødvendigt og endeligt af æstetiske hensyn. Tankene kan dog også placeres i kældre eller ovenpå jorden. Til lokal opsamling og disponering af urin kan mindre tanke eller plastikdunke anvendes.

Samletanken bør være af et volumen af 500-2000 l/person. Til lokal håndtering af urin kan mindre plastikdunke på 25 liter eller tanke på 220 liter anvendes (Eilersen et al., 2001).

Renseeffekt

Teknologien har ikke nogen egentlig renseeffekt (minimal omdannelse) men gør det muligt at opsamle husholdningsspildevand lokalt hvis nedsivningsforholdene er dårlige eller udledning til recipient ikke er mulig. Således reduceres belastningen af lokalområdet med 100 %.

Teknik og drift

Teknologien kan medføre hyppige besøg af slamsuger.

Forudsætter nedsat vandforbrug.

Teknologien kræver relativ lidt vedligeholdelse.

Brugeraspekter

Teknikken kræver relativt lidt vedligeholdelse og stiller derfor ikke store krav til brugeren.

Miljø

Skemaet indeholder et overordnet skøn af de langsigtede miljøkonsekvenser af etablering af samletanke.

Samletank		Ja/nej/ ved ikke	Kommentarer
Forøgelse af energiforbrug	el	Nej (ja)	Samletanke medfører et vist transportbehov i forbindelse med tømning. Alternativt kan etableres trykledninger for tømning over korte afstande.
	varme	Nej	
	transport	Ja	
Forøgelse af affaldsmængder eller affald til genbrug	slam	Ja	Det opsamlede materiale skal bortskaffes.
	genbrug	Nej	
Forøget anvendelse af miljø- og sundhedsskadelige stoffer		Nej	
Betydning for biologiske ressourcer	dyr	Nej	Reducerer belastningen af lokalområdet med N, P og BOD ₅ .
	planter	Nej	
	naturområder	Ja	
Betydning for vand	forbrug	Ja	I kombination med vandbesparende toiletsystemer (normalt en nødvendighed af hensyn til tankstørrelser og tømningsfrekvenser) reduceres forbruget af skyllevand og spildevandsmængder.
	grundvand	Ja	
	spildevand	Ja	
Betydning for lugt, støj mm.		Nej	
Betydning for arbejdsmiljø		Nej	

Samlet vurdering

Samletanken åbner mulighed for at opsamle husholdningsspildevand lokalt ved hustanden på lokaliteter hvor nedsivning og/eller udledning til recipient ikke er mulig. Herefter bliver spildevandet vha. af slamsuger transporteret til en anden lokalitet for rensning/genanvendelse.

Det er hensigtsmæssigt at have vandbesparende toiletsystemer i kombination med samletanken således at tømning ikke skal se for ofte.

2. Sorterende toiletter

Opbygning og funktion

De sorterende spildevandssystemer bygger ikke på rensning, men derimod på at reducere belastningen med kvælstof, fosfor og organisk stof ved at skille den

næringsstofholdige urin og i nogle tilfælde også fækaliene fra, før det bliver blandet med de store mængder af gråt spildevand.

Ad den vej og ved at substituere vaskemidlerne med P-frie vaskemidler kan N- og P-belastningen reduceres væsentligt.

En stor del af spildevandets indhold af organisk stof stammer imidlertid fra det grå spildevand. Derfor er en rensning for organisk stof gennem for eksempel et sandfilter nødvendig for at leve op til de gældende krav på dette punkt.

De sorterende løsninger kan i kombination med et sandfilter udgøre et alternativ til minirenselanlæg i områder, hvor der ikke kan nedsives eller kloakeres. Reduktionen i fosforbelastning beror dog til dels på anvendelse af fosfatfrit vaskepulver.

Sorterende spildevandsløsninger kan udformes på mange måder.

Urinsortering sker i toilettet og kræver installation af et urinsorterende toilet og en tank til opsamling af urin. Fækalier skylles ud, som i et traditionelt toilet. Systemet er relativt velafprøvet i Sverige og kendt i Danmark.

Urin og fækaliesortering kan ske ved etablering af et traditionelt lavtskylstoilet, der afleder til samletank.

Alternativt kan anvendes et urinseparerende komposttoilet, hvor urinen opsamles og fækaliene falder frit ned i en kompostbeholder under toilettet. Systemet er afprøvet i Danmark og i Sverige (Dyck-Madsen et al, 1999).

Renseeffekt

For at leve op til renskrav til organisk stof skal de sorterende løsninger kombineres med en bundfældningstank og f.eks. et sandfilter.

De urin- og fækaliesorterende løsninger lever i kombination med et sandfilter eller et rodzoneanlæg op til alle renskrav.

Teknik og drift

Den årlige opsamling af urin og skyllevand fra urinsorterende toiletter udgør omkring 1 m³/person.

Ved installation af lavskylstoiletter med afledning til samletank vil den årlige opsamling af sort spildevand udgøre omkring 10 m³/person.

Fra komposttoiletter udgør den årlige opsamling af urin omkring 0,6 m³/person (der bruges ikke skyllevand) og 25-50 l kompost.

Hertil kommer drift og vedligeholdelse af bundfældningstank og sandfilter, da de sorterende løsninger skal kombineres med f.eks. et sandfilter for at kunne leve op til renskrav til BOD₅.

Levetiden for sorterende toiletter forventes ikke at adskille sig væsentligt fra levetiden for traditionelle toiletter.

Brugeraspekter

Erfaringen viser, at urinsorterende toiletter kræver lidt mere pasning/rengøring end traditionelle toiletter.

Komposttoiletter kræver ekstra rengøring og nogen håndtering af komposten.

Miljø

Skemaet indeholder et overordnet skøn af de langsigtede miljøkonsekvenser ved etablering af sorterende løsninger.

Sorterende løsninger		Ja/nej/ ved ikke	Kommentarer
Forøgelse af energiforbrug	el	ja (evt.)	Evt. forøget ventilation ved komposttoiletter . Transport af opsamlet urin og fækalier
	varme	nej	
	transport	ja	
Forøgelse af affaldsmængder eller affald til genbrug	affald	Nej	Urin og kompost udgør en (beskeden) næringsstoffressource.
	genbrug	ja	
Forøget anvendelse af miljø- og sundhedsskadelige stoffer		nej	
Betydning for biologiske ressourcer	dyr	Nej	Reduceret N, P og BOD ₅ belastning af vandløb
	planter	Nej	
	naturområder	Ja	
Betydning for Vand	forbrug	ja	Sorterende løsninger har lavere vandforbrug Renere spildevand.
	grundvand	Nej	
	spildevand	Ja	
Betydning for lugt, støj mm.		Ja	Risiko for lugt fra anlæg, mulighed for reduktion af lugt fra spildevandsudløb
Betydning for arbejdsmiljø		Nej/ja	Håndtering af kompost kan være forbundet med hygiejniske problemer

Samlet vurdering

De sorterende løsninger kræver engagement fra brugerne, men er i drift mindre eksotiske, end de lyder. Foruden at reducere belastningen af vandløbene har toiletterne den fordel, at der opsamles en mindre mængde næringsstoffer, der kan genanvendes.

Der er ikke mange danske erfaringer med sorterende toiletter. Toiletterne er mere udbredt i Sverige, hvor de mange steder fungerer uden væsentlige problemer.

3. Kloakering ved trykledning

Opbygning og funktion

Tryksatte systemer anvendes typisk, hvor det ikke er hensigtsmæssigt at anvende traditionelle kloakledninger med gravitation.

Tryksatte systemer kan udføres som enten overtryk- eller undertrykssystem (vakuumsystem). Erfaringerne har vist at sidstnævnte er meget følsomt overfor selv små tekniske svigt (f.eks. svigt af en ventil i systemet) og derfor er overtrykssystemet det princip, der anbefales i dag.

Overtrykssystemer udformes med en lille pumpebrønd for en eller flere ejendomme. Pumpebrønden udformes f.eks. med en dykpumpe af grindertypen. Pumpen kværner (grinds) det faste indhold i spildevandet, så det kan pumpes via pumpeledningen til det kommunale renseanlæg.

Overtrykssystemet kan opbygges for et par ejendomme og op til et par tusinde ejendomme, idet de små trykledninger fra ejendomme (dimension fra ø50 mm) opsamles af større fællesledninger (Flygt, 1999).

Renseeffekt

Renseeffekten ved kloakeringsløsningen opstår ved at spildevandet ledes bort fra området og til det kommunale renseanlæg. Lokalt er udledningen til recipient således fjernet. Til gengæld vil der ske en lille forøgelse af udledningen det fælles renseanlæg til recipienten.

Teknik og drift

Drift og vedligeholdelse af pumpebrønde og trykledninger omfatter:

- Årligt serviceeftersyn med smøring og udskiftning af sliddele
- Observation af udpumpningssteder

Overvågnings- og alarmsystemet ved tekniske nedbrud kan enten udføres som en decentral løsning med en lampe ovenpå elskabet der lyser ved svigt eller som en central løsning der giver signal til kommunens overvågningssystem. Sidstnævnte er naturligvis en dyrere løsning og det vurderes at den første løsning, hvor borgeren selv skal melde om fejl vil svare til serviceniveauet for de øvrige borgere i den offentlige kloakforsyning.

Der kan opstå problemer med svovlbrinte ved udpumpningsstedet pga. for lang opholdstid i pumpeledningerne. Hvis systemet opbygges som en kombination af trykledninger og gravitationsledninger skal udpumpningsbrøndene holdes under observation for korrosion pga. eventuel svovlbrintedannelse. Hvis problemet ikke kan løses ved en ændring af styringen kan det løses ved f.eks. tilsætning af kalk.

Der kan opstå problemer med bundfald i trykledningen hvis hastigheden er for lille.

Levetider anslås til:

- Pumpe og pumpestyring, ca. 20 år
- Ledningsanlæg, ca. 100 år.

Brugeraspekter

Løsningen vil for borgeren svare til fornemmelsen ved at være tilsluttet det traditionelle kommunale kloakledningsnet. Forskellen herfra er, at pumpebrønden typisk vil være placeret på grunden og at elforsyningen til pumpen typisk vil blive ført fra ejendommens eltavle.

Miljø

Skemaet indeholder et overordnet skøn af de langsigtede miljøkonsekvenser af etablering af kloakering med trykledninger.

Kloakering ved trykledning		Ja/nej/ ved ikke	Kommentarer
Forøgelse af energiforbrug	el	ja	Pumpning resulterer i et mindre (få kWh/år) elforbrug.
	varme	nej	
	transport	nej	
Forøgelse af affaldsmængder eller affald til genbrug	slam	ja	Forøget spildevandsmængde resulterer i forøget slamproduktion på renseanlæg.
	genbrug	nej	
Forøget anvendelse af miljø- og sundhedsskadelige stoffer		nej	
Betydning for biologiske ressourcer	dyr	nej	Reduceret N, P og BOD ₅ -belastning af vandløb – reduceret vandmængde i vandløb.
	planter	nej	
	naturområder	ja	
Betydning for vand	forbrug	nej	Spildevand afskæres.
	grundvand	ja	
	spildevand	ja	
Betydning for lugt, støj mm.		nej	
Betydning for arbejdsmiljø		nej	

Samlet vurdering

Kloakering ved trykledninger er en teknisk velfungerende og velafprøvet løsning. Løsningen kræver, at der er ledig kapacitet på det renseanlæg, hvor spildevandet tilledes.

Trykledninger er et godt alternativ til slamsugere for tømning af samletanke o.lign. over kortere afstande (som på Christiansø).

Undertrykssystemer kan være følsomme overfor tekniske svigt, hvilket kan medføre tilstopning af ledningerne. Ved overtrykssystemer (de mest anvendte) er dette problem ikke tilstede.

4. Vakuumsystemer

Opbygning og funktion

Et vakuumsystem er et såkaldt undertrykssystem sammensat af trykledninger som beskrevet under teknologibeskrivelsen "**Kloakering ved trykledninger**" (Flygt, 1999).

Renseeffekt

Vakuumsystemer har ikke nogen egentlig renseseffekt eftersom det er et tiltag der opsamler urin og fæces ved et meget lavt skyllevandsforbrug (0,8 liter/skyl). I forbindelse med en anvendelse på Christiansø sejles det opsamlede materiale til Bornholm og dermed reduceres miljøbelastningen af lokalområdet med 100 %.

Teknik og drift

Eftersom vakuumsystemet er et undertrykssystem er der øget risiko for tilstopning selv ved mindre driftsforstyrrelser (f.eks. svigt af en ventil i systemet).

Mængden af opsamlet urin og fæces i et vakuumsystem svarer til 2,6 m³/person/år.

Brugeraspekter

Erfaringer viser at vakuumsystemer kræver lidt mere pasning/rengøring end konventionelle toiletsystemer.

Miljø

Skemaet indeholder et overordnet skøn af de langsigtede miljøkonsekvenser af etablering af vakuumsystemer.

Vakuumsystemer		Ja/nej/ ved ikke	Kommentarer
Forøgelse af energiforbrug	el	ja	Systemer indebærer et vist energiforbrug til drift af vakuumanlægget. Normalt er der et transportbehov for den opsamlede fraktion.
	varme	nej	
	transport	Ja	
Forøgelse af affaldsmængder eller affald til genbrug	slam	Ja	Det opsamlede materiale skal bortskaffes.
	genbrug	Nej	
Forøget anvendelse af miljø- og sundhedsskadelige stoffer		Nej	
Betydning for biologiske ressourcer	dyr	Nej	Reducerer belastningen af lokalområdet med N, P og BOD ₅ .
	planter	Nej	
	naturområder	Ja	
Betydning for vand	forbrug	Ja	Reducerer forbruget af skyllevand til 0,8 liter/skyl, hvilket reducerer spildevandsmængderne.
	grundvand	Ja	
	spildevand	Ja	
Betydning for lugt, støj mm.		Nej	
Betydning for arbejdsmiljø		Nej	

Samlet vurdering

Et vakuumsystem gør det muligt at opsamle sort spildevand lokalt ved et lavt skyllevandsforbrug. Systemerne er hensigtsmæssige på lokaliteter hvor rensetiltag er svære at indpasse. Etablering af et vakuumsystem medfører et behov for jævnlig tømning af tanke og borttransport af opsamlet materiale. Dette transportbehov tæller negativt i den samlede miljøvurdering.

5. Mekanisk/biologisk/kemisk renseanlæg (MBNDK)

Opbygning og funktion

Den foreslåede traditionelle løsning omfatter et konventionelt renseanlæg med mekanisk/biologisk/kemisk rensning.

Et konventionelt renseanlæg fungerer ved at spildevandet tilledes et beluftet sandfang for bundfældning af sand. Herefter ledes spildevandet til et langtidsbeluftet aktiveret slamanlæg, hvor den biologiske nedbrydning foregår med fuld nitrifikation og samtidig aerob slamstabilisering. Til sidst ledes spildevandet til en efterklaringstank for separering af vand og slam. Overskudsslammet pumpes i slamsilo hvor det opkoncentreres. Anlæggene kan udbygges med fosforfjernelse ved simultanfældning ved tilsætning af fældningskemikalie (Forsvarets bygningstjeneste, 1998).

Renseeffekt

Et konventionelt renseanlæg har typisk følgende rensegrader (Eilersen et al., 2001):

BOD ₅	95 %
NH ₃ +NH ₄	85 %
tot-P	90 %

Teknik og drift

Drift og vedligeholdelse af konventionelle rensningsanlæg omfatter:

- serviceeftersyn af mekaniske dele
- evt. påfyldning af fældningskemikalier

Brugeraspekter

Hvis der ikke er tegnet serviceaftale for anlægget vil service, vedligeholdelse, tilsætning af kemikalier etc. ligeledes påhvile brugeren (eller kommunen).

Miljø

Skemaet indeholder et overordnet skøn af de langsigtede miljøkonsekvenser af etablering af traditionelle renseanlæg.

Mekanisk/biologisk/kemisk renseanlæg		Ja/nej/ ved ikke	Kommentarer
Forøgelse af energiforbrug	el	Ja	Metoden medfører et vist energiforbrug til omrøring og beluftning. Kan medføre et transportbehov for overskudsslam.
	varme	Nej	
	transport	Ja	
Forøgelse af affaldsmængder eller affald til genbrug	slam	Ja	Metoden medfører en slamproduktion svarende til 40 g TS (tørstof)/PE/dag. Overskudsslammet kan muligvis genbruges på landbrugsjorden.
	genbrug	Ja	
Forøget anvendelse af miljø- og sundhedsskadelige stoffer		ja	Fældningskemikalier der dog ikke betragtes som miljø- og sundhedsskadelige.
Betydning for biologiske ressourcer	dyr	Nej	Reducerer belastningen af recipienten med N, P og BOD ₅ .
	planter	Nej	
	naturområder	Ja	
Betydning for vand	forbrug	Nej	Rensning af spildevand.
	grundvand	Nej	
	spildevand	ja	
Betydning for lugt, støj mm.		nej	
Betydning for arbejdsmiljø		nej	

Samlet vurdering

Et konventionelt mekanisk/biologiske rensningsanlæg har høje renseseffekter og lever dermed op til Miljøstyrelsens højeste rensesklasse.

Løsningen kræver en del tilsyn og udbedring i forbindelse med drift og vedligeholdelse. Ligeledes kræver sådanne anlæg uddannet personale i driften.

6. Kompaktanlæg (Actiflo)

Opbygning og funktion

Den såkaldte Actiflo-metode er baseret på et fysisk/kemisk vandbehandlingssystem. Metoden har i mange år været anvendt i forbindelse med vandværker til at behandle overfladevand i produktionen af drikkevand.

Et Actiflo-anlæg fungerer i princippet ved at der først sker en kemisk fældning. Således tilsættes der et koagulerende middel, eks. Jern(III)klorid. Herved dannes der små mikroflokke og der sker en udfældning af orthofosfat (herved bindes fosforen i spildevandet). Efterfølgende tilsættes der ”mikrosand” i en injektionstank hvor der også sker en jævn omrøring. Herefter tilsættes vandet en polymer hvorefter vandet ledes til en ”modningstank” hvori der også sker en omrøring og dannelse af store flokke. Eftersom ”microsand” også indbygges i disse flokke vil de blive meget tungere (derfor kaldet ”vægtet” bundfældning”)

end i et normalt bundfældningssystem og derfor synke hurtigere til bunds i den efterfølgende bundfældningsanordning. Vandet (med flokkene i suspension) passerer nu ”lamel”-separatoren og forlader anlægget via en overløbsanordning placeret ovenover lamellerne.

Den totale proces medfører en effektiv reduktion af vandets organiske stofindhold samt fosfor. Tilgængæld sker der ikke nogen væsentlig reduktion i Kjeldahl-N (kan tilnærmes indholdet af nitrifikation – ammonium) som følge af ikke gunstige nitrifikationsforhold i anlægget (mangel på mikrofauna og for lav opholdstid samt formentlig iltdeficit). Dette er altså ikke baseret på en optimering af de biologiske renseprocesser. Det bundfældede slam og mikrosand fra separatoren ledes, gennem en hydrocyklon tilbage til injektionstanken og mikrosandet bliver herved genbrugt. Slammet forlader anlægget efter hydrocyklonen.

Krüger A/S har et mobilt pilotanlæg med en kapacitet på 80-120 m³/h.

Renseeffekt

Et Actiflo-anlæg har typisk følgende rensegrader:

(Bentsen et al., 1998)

SS	85%
COD	60%
Kjeldahl-N (organisk N og ammonium)	18%
Total-P	85%

Informationsmateriale fra Krüger A/S angiver rensegrader for BOD₅ på ca. 90 %. Den højere rensegrad for BOD₅ skyldes at BOD₅-parameteren kun inkluderer den letnedbrydelige andel af det organiske stof.

Teknik og drift

Et Actiflo-anlæg kan blive opstartet i løbet af 15 minutter og har derfor en stor tilpasningsevne i forskellige systemer (spildevandsrensning, behandling af overfladevand, behandling af recipientvand (søvand – åvand)).

Normalt udgør slamflowet ud af systemet ca. 6 % af det samlede volumen af behandlet spildevand.

Der er en tendens til at anlæggets renseseffektiviteter falder med stigende hydraulisk belastning.

Dog ses der ikke et væsentligt fald i renseseffektiviteten selvom den hydrauliske belastning stiger med 50 % fra 80 til 120 m³/h.

Brugeraspekter

Man skal være opmærksom på at Actiflo-anlægget kræver et vist niveau af eftersyn, driftstilsyn og vedligeholdelse.

Miljø

Skemaet indeholder et overordnet skøn af de langsigtede miljøkonsekvenser af etablering af kompakte renselanlæg (Actiflo).

Kompaktanlæg – Actiflo		Ja/nej/ ved ikke	Kommentarer
Forøgelse af energiforbrug	el	ja	Metoden medfører et vist energiforbrug til omrøring. Transportbehov for bortskaffelse af slam.
	varme	nej	
	transport	ja	
Forøgelse af affaldsmængder eller affald til genbrug	slam	ja	Metoden medfører en slamproduktion på ca. 6% af den behandlede spildevandsmængde (vol-basis). Denne slammængde skal bortskaffes.
	genbrug	Nej	
Forøget anvendelse af miljø- og sundhedsskadelige stoffer		ja	Metoden medfører et vist forbrug af koagulationsmiddel (jern(II)klorid) og polymerer. Dog recirkuleres hovedparten i processen.
Betydning for biologiske ressourcer	dyr	Nej	Reducerer belastningen af recipienten med N, P og BOD ₅ .
	planter	Nej	
	naturområder	Ja	
Betydning for vand	forbrug	Nej	Rensning af spildevand og reduktion af udledte mængder
	grundvand	Nej	
	spildevand	ja	
Betydning for lugt, støj mm.		nej	
Betydning for arbejdsmiljø		nej	

Samlet vurdering

Det forventes at metoden effektivt kan erstattet de store traditionelle mekanisk/biologisk/kemiske renselanlæg.

Arealkravet til anlæggene er ca. 10 % af arealkravet til konventionelle bundfældningssystemer.

Metoden er anvendelig til at rense mange typer af forurenede vand og er ikke følsom overfor variation i indløbskoncentrationer.

Metoden har en minimal følsomhed (i relation til renseseffektiviteten) overfor hydrauliske spidsbelastninger.

Metoden medfører lave driftsomkostninger (0,10 – 0,25 kr/m³ behandlet vand) og dermed lave behandlingspriser.

Metoden kan anvendes til at behandle både store og små vandmængder og indkørings- /opstartsperioden er minimal, mellem 15 og 30 minutter.

Behandlingstiden af spildevandet er ca. 10 minutter. Kemikalietilsætningen optimeres således at driftsomkostninger mindskes. Anlægget har et kompakt design og kan placeres i en 20-fods container (Bentsen et al., 1998).