



**EVALUATION OF WASTEWATER SYSTEM AND
RECOMMENDATIONS FOR TOLIARA, MADAGASCAR**

**VURDERING AV AVLØPSSITUASJONEN OG
ANBEFALINGER FOR TOLIARA, MADAGASKAR**

FORORD

En spesiell takk går til min familie, min kjære mann Steinar og barna Erland og Amanda, som har gjort det mulig for meg å skrive denne masteroppgaven. Uten deres støtte og velvillighet hadde ikke dette gått.

Jeg vil også takke Professor Torleiv Bilstad ved Universitetet i Stavanger og Man Wai direktør ved IHSM Universitetet i Tulear som gjorde det mulig for meg å besøke og studere byen Toliara. En stor takk til studentene Lalaina, Irene, Joli og Ony for god hjelp under oppholdet.

En stor takk til min pappa Jan for god hjelp hjemme og med korrektur lesing under skriving av oppgaven.

SUMMARY

Toliara is a city located on the south west coast of Madagascar. The area outside the city consists of long sandy beaches, an exiting coral reef and also a unique terrestrial environment.

20% of the inhabitants in Toliara have access to sanitary installations, while one third of the inhabitants do not have any access to such facilities. The consequence of this is that a large part of the inhabitants daily are exposed to an environment that is unpleasant and hazardous to health.

Infrastructure related to road, waste, potable water and wastewater is poor.

It is important that the wastewater system is upgraded in order to achieve better occupational hygiene and a thriving environment. These measures are also important in order to attract tourism.

The wastewater system and operation in Toliara is unacceptable. The existing canals are partly destroyed and not dimensioned for the city today. To remove the rainwater from the city it is necessary to upgrade the existing system as well as an extension of the system to areas not yet covered. It is further recommended to build a new wastewater system and treatment plant for wastewater

In project development of wastewater systems for developing countries emphasis must be put on low capital, operational and maintenance cost.

This dissertation evaluates different treatment options, and which of these that is suitable for Toliara. The two main types of treatment plants are the conventional based and the nature based ones. Different criteria are used to rank the feasibility of the two types, and it is concluded that nature based treatment is the recommended option for Toliara.

It is further concluded that phosphorus and nitrogen should not be removed from the wastewater, since these nutrients will be a valuable resource of nutrients for agricultural purposes. The treatment type that should be chosen is aquatic nature based, where the organic content is removed, but where nitrogen and phosphorus is not removed. The city of Toliara should also consider collecting methane gas from parts of the plant for utilization in an electric generation plant.

The dissertation also considers aspects that need to be considered before a treatment plant and wastewater system for Toliara can be built.

SAMMENDRAG

Toliara er en by sør på Madagaskar. Områdene rundt byen har lange flotte strender, et spennende korallrev og en unik naturtype.

20 % av befolkningen i Toliara har tiltang til hygieniske sanitærinstallasjoner, mens en tredjedel ikke har tilgang til noen form for slike fasiliteter. Dette medfører at mange daglig blir eksponert for et utryvelig og helsefarlig miljø.

Byen har dårlig infrastruktur både på veg, renovasjon, vann og avløp.

Det er viktig at avløpet fra byen blir oppgradert slik at befolkningen får en helsemessig og triveligere by og bo i. For at turister skal få øynene opp for dette området er det også viktig at Toliara forbedrer seg på dette området.

Kloakkeringsforholdene i Toliara er helt uakseptabelt etter nåtidens krav.

De eksisterende kanalene er delvis ødelagte og underdimensjonert for dagens by. For å få ledet bort regnvannet på en tilfredsstillende måte må eksisterende kanaler renoveres og utvides. I tillegg må det bygges nye kanaler til deler av byen som ikke har kanaler i dag. Det bør videre bygges nytt avløpssystem for kloakk med tilhørende renseanlegg for avløpet.

Ved prosjektering av avløpsanlegg for utviklingsland må det prosjekteres anlegg som blant annet har lave kostnader både med tanke på kapitalkostnader, driftskostnader og vedlikeholdskostnader.

Opgaven ser på ulike rensetyper og hvilke av disse typene som egner seg for en by som Toliara. Det er to hovedtyper av renseanlegg, konvensjonelle og naturbaserte renseanlegg. Ved å veie ulike kriterier konkluderer denne oppgaven med at naturbasert avløpsrensing er typen renseanlegg Toliara bør velge.

Videre konkluderer oppgaven med at avløpsvannet ikke bør renses for næringsstoffene nitrogen og fosfor da dette vil bli et flott næringsstilskudd til landbruket. Avløpsanlegg som da bør velges er akvatisk rensemetode, her blir organisk materiale fjernet men en sitter igjen med næringsstoffene fosfor og nitrogen. Toliara kommune bør også vurdere å samle opp metangass fra deler av renseanlegg for produksjon av elektrisitet.

Til slutt ser oppgaven på hva som må vurderes før renseanlegg og ledningsnett for Toliara kan bygges.

INNHOLDSFORTEGNELSE

Forord	I
Summary	II
Sammendrag	III
Innholdsfortegnelse	IV
Liste over tabeller	VI
Liste over bilder	VII
Liste over kart	VIII
1.0 Innledning	1
2.0 Madagaskar	3
2.1 Toliara	4
2.1.1 Klima	4
2.1.2 Befolkning	4
2.1.3 Korall rev	6
2.1.4 Eksisterende avløpssystem	7
2.1.5 Eksisterende sanitærinstallasjoner	8
3.0 Dagens situasjon og problemstilling	9
3.1 Korall rev	9
3.1.1 Fakta om korallrev	9
3.1.2 Trusler for korallrev	10
3.2 Eksisterende avløpssystem	11
3.3 Eksisterende sanitærinstallasjoner	13
3.4 Vannstagnasjon	15
3.5 Hygiene og helse	15
4.0 Innhold i avløpsvann	16
5.0 Hvorfor behandle avløpsvann	17
5.1 Nitrogen	17
5.2 Fosfor	18
5.3 Organisk materiale	18
5.4 Patogene organismer (sykdomsfremkallende organismer)	19
5.5 Suspendert stoff (SS)	19
6.0 Generelt om avløpsrensing	20
6.1 Konvensjonelle avløpsanlegg	20
6.1.1 Forbehandling	20

6.1.2	Mekanisk rensing	21
6.1.3	Kjemisk rensing.....	22
6.1.4	Biologisk rensing	22
6.1.5	Kombinasjon av mekanisk, kjemisk og biologisk rensing	23
6.2	Naturbasert avløpsrensing.....	23
6.2.1	Jordbaserte rensemetoder	23
6.2.2	Jord og plantebaserte rensemetoder	24
6.2.3	Akvatiske rensemetoder.....	26
7.0	Prosjektering av avløpsanlegg for utviklingsland.....	29
8.0	Kloakkering av Toliara.....	31
8.1	Avløpsvann.....	31
8.2	Kanaler/Rør	33
8.3	Utedo.....	34
8.4	Offentlig toalett	34
8.5	Septiktank/Tett tank.....	35
8.6	Konklusjon.....	36
9.0	Hvilket renseanlegg skal velges.....	36
9.1	Valg når renseanlegg ikke skal fjerne næringsstoffene fosfor og nitrogen	38
9.2	Valg når renseanlegg skal fjerne næringsstoffene fosfor og nitrogen.....	38
9.3	Annet alternativ for fjerning av avløpsvann.....	40
9.4	Konklusjon.....	41
10.0	Slam	42
11.0	Hva må gjøres før avløpsanlegget kan bygges	42
11.1	Kart.....	42
11.2	Nedbørsintensitet	43
11.3	Krav til renseanlegg.....	43
11.4	Belastning.....	44
11.5	Interessenter.....	44
11.6	Antall anlegg.....	44
11.7	Hvor skal renseanlegg plasseres.....	45
11.8	Type renseanlegg.....	45
11.9	Hvordan kloakkere Toliara.....	45
11.10	Hvordan lede avløpsvannet inn til renseanlegg	45
11.11	Slambehandling.....	46
11.12	Prosjektering.....	46
REFERANSER	47	

LISTE OVER TABELLER

Tabell 2-1	Gjennomsnittsnedbør for Toliara.....	4
Tabell 2-2	Type sanitærinstallasjoner i Toliara.....	9
Tabell 4-1	Hovedsammensetning av avløpsvann i %	16
Tabell 4-2	Gjennomsnittlig daglig produksjon per person i Norge.....	16
Tabell 6-1	Oversikt over % reduksjon ved ulike konvensjonelle rensemetoder....	20
Tabell 6-2	Renseeffekt og utslippskonsentrasjoner fra naturlig infiltrasjon.....	24
Tabell 6-3	Fjerningsmekanismer av forurensning i våtmarker	24
Tabell 6-4	Renseeffekter en kan oppnå i en konstruert våtmark.....	26
Tabell 6-5	Renseeffekter i % av en serie med 5 WSP i nordøst Brasil	28
Tabell 7-1	Viktige faktorer ved prosjektering av avløpsrenseanlegg i utviklingsland	30
Tabell 8-1	Fordeler og ulemper med kanaler og rør.....	33
Tabell 8-2	Fordeler og ulemper med septiktank og tett tank	35
Tabell 9-1	Konvensjonelle mot naturbaserte renseanlegg	37
Tabell 9-2	Ulike renseløsninger vurdert for ulike faktorer.....	38
Tabell 9-3	Renseeffekt i slamavskiller	41
Tabell 10-1	Komposisjon av slam	42

LISTE OVER BILDER

Bilde 2-1	Vannstagnasjon i bebyggelsen i Toliara	5
Bilde 2-2	Utløp til mangroveskogen	7
Bilde 3-1	Korallrev	
Bilde 3-2	Fiske og matsanking innenfor revet.....	10
Bilde 3-3	Bildet viser tappekrane for rent vann og avløpskanal	12
Bilde 3-4	Avløpskanal som er tettet med avfall	13
Bilde 3-5	Offentlig toalett.....	14
Bilde 6-1	Fase 1 av Dandora WSP i Nairobi, Kenya (design flow 30.000 m ³ /d) ...	28

LISTE OVER KART

Kart 2-1	Kart over Madagaskar	Kart 2-2	Oversiktskart	3
Kart 2-3	Oversiktskart over Toliara			5
Kart 2-4	Oversiktskart over korallrevet på utsiden av Toliara			6
Kart 2-5	Kart som viser hvor utløpene fra avløpet ligger			8

1.0 Innledning

Sommeren 2007 var jeg på en 5 ukers studietur til Toliara på Madagaskar.

I den perioden arbeidet jeg sammen med 3 doktorgradsstudenter ved universitetet i Toliara avdeling IHSM. Vi utarbeidet et dokument som ble sendt Sandnes kommune. Dokumentet ble senere brukt ved søknad til NORAD om et samarbeidsprosjekt mellom Sandnes kommune og Toliara kommune.

Dokumentet ble skrevet i samarbeid med ordfører og ansatte i Toliara kommune. Det ble holdt flere møter og ekskursjoner rundt om i byen for å få på plass fakta. Dokumentet tar for seg vann, avløp og renovasjonssituasjonen i Toliara. Dette dokumentet er brukt som bakgrunnsmateriale for utarbeidelse av denne oppgaven.



Bilde 1-1 Møte med ordfører og ansatte i Toliara

Opgaven er ment som et innspill til Sandnes kommune og Toliara kommune til samarbeidsprosjektet de har for bedring av helse og miljø i Toliara. Denne oppgaven ser nærmere på avløpssituasjonen i Toliara og hvilke konsekvenser dette har.

Oppgaven kommer også med innspill på hvordan avløpssituasjonen kan bedres, slik at Toliara blir en bedre by å bo i med tanke på helse og miljø.

For å redusere omfanget av oppgaven kommer jeg ikke nærmere inn på prosjektering av avløpsrenseanlegg og ledningsnett. Jeg kommer heller ikke inn på slambehandling.

Kapittel 2.0 gir en rask oversikt over Madagaskar og Toliara. En ser også litt på situasjonen med hensyn på avløp i Toliara.

Kapittel 3.0 gir en oversikt over dagens situasjon og problemstillinger med hensyn på avløp, helse og korallrev.

Kapittel 4.0 og 5.0 omhandler avløpsvann. Hva det er og hvorfor det må behandles.

Kapittel 6.0 tar for seg ulike typer avløpsrenseanlegg.

Kapittel 7.0 ser nærmere på hva en må tenke på når en skal prosjektere avløpsrenseanlegg for utviklingsland.

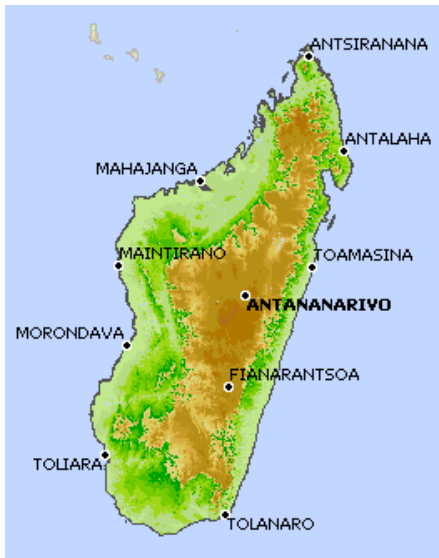
Kapittel 8.0 går inn på hvordan avløpene kan samles fra Toliara og transportere det videre til avløpsrenseanlegg.

Kapittel 9.0 tar for seg de ulike typene renseanlegg omtalt i kapittel 6.0 og hvilket renseanlegg som bør velges.

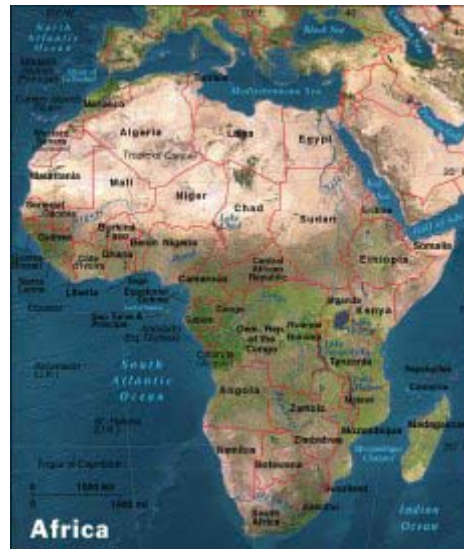
Kapittel 10.0 tar for seg fordeler med slam og hva det kan brukes til. Det blir ikke gått nærmere inn på slambehandling

Kapittel 11.0 tar for seg ulike punkt som må på plass før en kan begynne å bygge renseanlegget for Toliara.

2.0 Madagaskar



Kart 2-1 Kart over Madagaskar
(Lonely Planet 2004)



Kart 2-2 Oversiktskart (Monsen)

Madagaskar er en øy i det Indiske hav og ligger på østkysten av Afrika langs Mosambik kanalen. Madagaskar er verdens 4. største øy på 587 040 km², øya er 1600 km lang og 570 km på det bredeste.

Innbyggerne på Madagaskar kommer opprinnelig fra Indonesia, Malaysia, Polynesia og fra øst Afrika. Det bor ca. 16 millioner mennesker på Madagaskar.

Madagaskar er delt inn i 6 stater/provinser:

- Antananarivo
- Antsiranana
- Fianarantsoa
- Mahajanga
- Toamasina
- Toliara

Landskapet på Madagaskar kan grovt deles inn i 3 soner. Vestkysten består av "dry spiny desert", som er et slags ørkenaktig landskap med busker og trær som har pigger/nåler. Sentral platået på Madagaskar er i hovedsak avskoget mens østkysten har store områder med regnskog. Kysten alternerer mellom mangrove skog og lange sandstrender med korallrev offshore.

Madagaskar er i dag en selvstendig stat, men var i tidsrommet 1896 – 1960 en Fransk koloni.

2.1 Toliara

Toliara er en region sør på Madagaskar. Regionen består av ørkener, spiny forests og lange flotte strender. Dette er også det fattigste området i et fattig land. (Lonely Planet 2004)

Byen Toliara er den største byen sør på Madagaskar og ligger på sørvest kysten. Byen ligger mellom to elver Fiherenana og Onilahy. Kysten av Toliara by består av mudderbanker og mangrove skog.

2.1.1 Klima

Som vi ser av tabellen under er Toliara et tørt område, med gjennomsnittsnedbør per år på 418 mm. Dette regnet kan komme som kraftige regnskyll.

Tabell 2-1 Gjennomsnittsnedbør for Toliara. (World meteorological organization)

Måned	Gj.snitt temperatur °C		Gj. snitt nedbør (mm)	Gj.snitt antall dager med regn
	Daglig Minimum	Daglig Maksimum		
Jan	22.9	32.2	94.8	8
Feb	22.9	32.3	88.7	9
Mar	21.9	32.0	35.9	5
Apr	19.9	30.6	17.7	3
Mai	16.9	28.6	15.8	3
Jun	14.8	26.9	14.9	3
Jul	14.4	26.8	6.2	2
Aug	14.8	27.7	5.6	1
Sep	16.2	28.5	7.8	2
Okt	18.5	29.3	11.9	2
Nov	20.3	30.3	21.7	3
Des	22.1	31.3	97.0	7

2.1.2 Befolkning

Byen består av 175 937 innbyggere på et areal på 242 km². Byen er delt inn i seks distrikt, Besakoa, Betania, Tanambao I, Tanambao II, Mahavatse I og Mahavatse II.



Kart 2-3 Oversiktskart over Toliara (Google earth)

Innbyggerne i Toliara består av 5 etniske grupper. Dette er Mahafalene, Tanalanaene, Antandroyene, Antanosyene og Vezoene.

60 – 75 % av befolkningen bor i hus laget av tørkede plante materiale, resten av husene er bygget av betong eller murstein.



Bilde 2-1 Vannstagnasjon i bebyggelsen i Toliara

Byen er relativt flat. Dette medfører at byen har flere områder som delvis står under vann ved regnvær. Dette gjelder markede, Besakoa, Mahavatse I og lavere deler av Anketa

2.1.3 Korall rev



Kart 2-4 Oversiktskart over korallrevet på utsiden av Toliara (Reef Doctor)

Ved kysten av Toliara strekker det seg et korallrev med lengde på 27 km, bredden av revet varierer mellom 0,95 til 3 km.

Provinsen Toliara er en av de fattigste på Madagaskar og mange innbyggere er avhengige av korallrevet som mat og inntektskilde. Byen Toliara er også avhengig av et sunt og friskt korallrev da dette beskytter kysten mot bølge erosjon.

2.1.4 Eksisterende avløpssystem

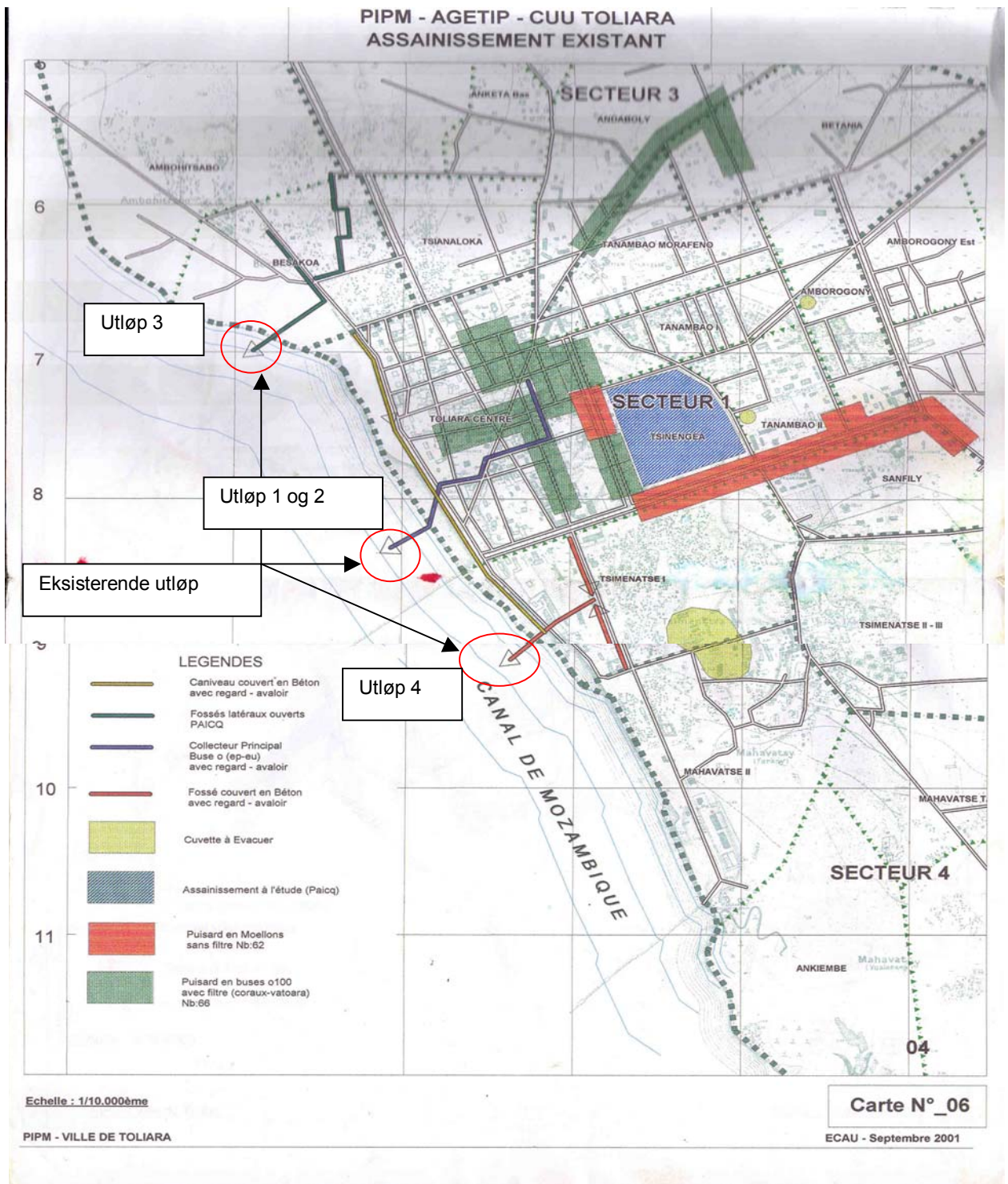
Det er fire eksisterende kanaler for bortledning av avløpsvann og overflatevann i Toliara. Disse fire kanalene ble bygd under den Franske koloni tiden.

1. Hovedkanalen er en 700 m lang kanal som renner fra Bazar-be, Commissariat de police, Cedratum, Tiko, Restaurant Etoile de Mer, Restaurant Hacienda og renner ut i mangroveskogen ved Paletuvier hotell.
2. En 900 m lang overbygd kanal som går fra Maison Rouge, Jardin de la mer, Piazza hotel, Alliance francaise til mangroveskogen ved Paletuvier hotell.



Bilde 2-2 Utløp til mangroveskogen (Trydal 2008)

3. En 1200 m lang åpen kanal som renner fra Besakoa og Antaninarenina til området som blir brukt til salt fremstilling.
4. En 600 m lang kanal fra Tsimenatse vest og Champ de foire. Denne renner ut i sjøen ved Rottary klubben.



Kart 2-5 Kart som viser hvor utløpene fra avløpet ligger (Toliara kommune 2007)

2.1.5 Eksisterende sanitærinstallasjoner

20 % av befolkningen har tilgang til hygieniske sanitærinstallasjoner. De ulike sanitærinstallasjonene er som følger:

Tabell 2-2 Type sanitærinstallasjoner i Toliara

Hygienisk	Vannklosett med septiktank til tett tank
	Vannklosett til tett tank
Uhygienisk	Vannklosett direkte ut i kanal
	Utedo
	Sjøen (ved lavvann)
	Hvor det måtte passe seg

Som en ser ut fra oversikten er det to "sanitærinstallasjoner" som utmerker seg, sjøen og "hvor det måtte passe seg". Dette har noe med kulturen til de ulike stammene å gjøre. Vezoene som er fiskere bruker sjøen som toalett, ved lavvann går de ut på mudderbankene og gjør sitt fornødne. For Antandroyene er det tabu alt som har med avføring o.l. å gjøre. Disse går "hvor det måtte passe seg" da de ikke kan benytte toalett på grunn av tabuet.

3.0 Dagens situasjon og problemstilling

3.1 Korall rev

Det er gjort utallige studier av korallrevet på utsiden av Toliara av Universitetet i Toliara (IHSM) de siste 15 årene. Disse studiene viser at korallrevet viser tydelige tegn på ødeleggelse.

Det er viktig å ta vare på korallrevet av ulike årsaker. I kapittel 3.1.1 er det nevnt en rekke faktorer som viser hvorfor det er viktig å ta vare på korallrevet. På grunn av viktigheten av revet må en se på hvordan revet blir ødelagt og hvilke tiltak som kan gjøres. Dette diskuteres nærmere i kapittel 3.1.2.

3.1.1 Fakta om korallrev

- Korallrev er blant de eldste økosystemene på jorda og blir betegnet som havets regnskog.
- Korallrev er den største levende strukturen på jorda.
- Selv om korallrevene dekker mindre enn 1 % av jordas overflate, lever 25 % av alle marine fiskearter der.
- 500 millioner mennesker er avhengige av korallrevene på grunn av mat, medisin og inntekt.
- Korallrevene danner naturlige barrierer som beskytter de nærliggende kystlinjene mot erosjonskreftene fra havet/sjøen. Korallrevene er dermed med på å beskytte strendene, bosetning langs kysten og landbruksområder som ligger langs kysten.



Bilde 3-1 Korallrev (Solcomhouse)



Bilde 3-2 Fiske og matsanking innenfor revet nord for Toliara

3.1.2 Trusler for korallrev

Det finnes en rekke trusler for korallrevene. Disse kan deles inn i:

- naturlige trusler
- antropogene trusler

3.1.2.1 Naturlige trusler

- Store kraftige bølger fra stormer og sykloner kan forårsake at deler av korallrevet blir revet av eller lagt flate.
- Revene er også truet av endringer i tidevannet. Lange perioder med lavt tidevann som lar korallene bli eksponert for luft kan skade revet.
- Økning i overflatetemperatur, lavere havnivå og høyere salinitet i havet forårsaket av værphenomen som for eksempel El Niño kan skade korallrevene.
- Koraller er sårbare for beiting. Fisk, mark, krabber, snegler og sjøstjerner er noen av artene som spiser av korallene. I ekstreme tilfeller av beiting kan store deler av et korallrev bli ødelagt.

3.1.2.2 Antropogene trusler

Menneske skapte eller antropogene aktiviteter er hovedtruslene for korallrevet. Forurensning, overfiske, destruktiv fiske med dynamitt eller cyanid og samling av

levende koraller for akvariemarkedet, er noen av måtene menneskene ødelegger korallrevene på.

En av de største truslene for revene er forurensning. Landbasert avrenning og forurensede utslipp kan komme fra oppmudring, utbygging av kysten, landbruk, skogbruksaktivitet og utslipp fra avløpsrensaneanlegg. Avrenning fra dette kan inneholde sedimenter, næringsalter, kjemikalier, olje og avfall.

Ved utslipp av næringsalter kan oppblomstring av alger og andre organismer dekke korallene. Korallene trenger sollys for å overleve. Blir laget med alger og andre organismer for store vil ikke sollyset trenge ned og korallene vil svekkes.

Et stort problem i Toliara er vannet fra elvene. Utløpet fra elvene er til tider farget "sjokoladebrunt" av jord og sand, på grunn av erosjon. Dette fører igjen til at revet blir nedslammet og at lyset ikke slipper ned til korallene som igjen fører til svekkede koraller.

3.2 Eksisterende avløpssystem

Under kolonitiden (1896 – 1960) ble det bygget fire kanaler for bortledning av avløpsvann og overflatevann. Disse kanalene er beskrevet i kapittel 2.1.4

Kanalene er ikke bygd ut i takt med veksten av byen. Dette fører til at kanalene dekker kun områdene midt i byen og at de også er underdimensjonert for dagens sentrum.

På Bilde 3-3 ser en kanal for bortledning av avløpsvann og tappekrane for rent vann. Slike løsninger der avløp og rent vann ligger så nærme hverandre kan medføre helsefare da renvannet kan bli kontaminert av avløpsvannet.



Bilde 3-3 Bildet viser tappekrane for rent vann og avløpskanal

Kanalene er videre i dårlig forfatning grunnet mangel på vedlikehold. Der kanalene er ødelagt og tette blir de blant annet brukt til å bli kvitte seg med søppel da de likevel ikke fungerer.



Bilde 3-4 Avløpskanal som er tettet med avfall

At kanalene ikke fungerer som de skal er med på at avløpsvann og overflatevann ikke fjernes som det skal, og medfører et helsemessig og et estetisk problem. For å løse dette problemet må eksisterende kanaler utbedres og nye må bygges. Det er også viktig at et kontinuerlig vedlikehold utføres slik at kanalene fungerer til enhver tid.

3.3 Eksisterende sanitærinstallasjoner

20 % av befolkningen i Toliara har tiltang til hygieniske sanitærinstallasjoner, mens en tredjedel ikke har tilgang til noen form for slike fasiliteter. Dette medfører at mange daglig blir eksponert for et utrivelig og helsefarlig miljø.

Som skrevet i kapittel 2.1.5 er noen av de vanligste avløpsløsningene i Toliara utedo, sjøen og "der det måtte passe seg". Dette medfører problemer:

- Ved regnfall vil vannet i noen av bydelene stige og en risikerer dermed at utedoene flyter over. Dette medfører at avføring blander seg med regnvannet og flyter rundt i gatene og husene.

- Det positive ved at sjøen blir brukt som toalett er at forurensningen skjer i sjøen og ikke inne i byen. En av ulempene med dette er at i samme område som blir brukt som toalett samler innbyggerne eksempelvis skjell, små fisk og blekksprut til mat og videresalg.
- Ved å bruke "der det måtte passe seg" som toalettløsning sier det seg selv at en får spredt avføring rundt om i byen der folk bor.

Alle disse punktene medfører økt helserisiko og et utrivelig nærmiljø. Det er derfor viktig at en tar tak i dette og utvikler toalettløsninger som reduserer helserisikoen for innbyggerne.

Det er bygd flere offentlige toalett i byen. Disse er ikke blitt vedlikeholdt og er dermed i så dårlig forfatning at de ikke er i bruk. Det er viktig at man igjen ser på denne løsningen slik at den tredjedelen av befolkningen som ikke har tilgang til sanitærinstallasjoner får det.



Bilde 3-5 Offentlig toalett

Ettersom byen vokser, øker også vannforbruket. Dette medfører igjen til økt mengde avløpsvann. Det er viktig å komme frem til løsninger som kan lede avløpsvannet bort fra byen og oppnå en triveligere og helsemessig sunnere by.

3.4 Vannstagnasjon

Byen er relativt flat. Dette medfører at byen har flere områder som delvis står under vann ved regnvær. Dette gjelder markede, Besakoa, Mahavatse I og lavere deler av Anketa. (se Kart 2-3)

Ved kraftig regnvær vil også andre deler av byen stå under vann da grunnvannet står høyt i området. Ut fra opplysninger gitt av Toliara kommune varierer høyden av grunnvannet fra 0,1 – 2 meter under bakkenivå. Dette medfører problemer med infiltrasjon av vann til grunnen og en kan få vannstagnasjon. Det kan også føre til forurensning av grunnvannet på grunn av kort oppholdstid av forurenset vann før det når grunnvannet.

Det er viktig å få på plass dreneringsgrøfter rundt om i byen for å unngå stagnasjon av regnvann. Dette vil medføre mindre insektsklekking og blant annet gjøre det lettere å opprettholde god hygiene. Dette vil igjen føre til bedre miljø og helse blant befolkningen.

3.5 Hygiene og helse

I henhold til data fra Bureau of Ministry of Health and Family Planning i Toliara øker forekomsten av vannbårne sykdommer på grunn av sanitære forhold, særlig diaré, etter kraftig regn.

Dette skyldes flere forhold:

- forurensning av drikkevannet.
- bading og annen kontakt med forurenset vann.
- forurenset mat.
- etter kraftig regn får en vannstagnasjon i deler av byen. Disse plassene er fine kletteplasser for mygg og insekter som kan spre sykdom.
- i Toliara er analfabetismen på 18,1 %, dette medfører at mange ikke kjenner til sammenhengen mellom avløp, hygiene og helse.

Ved å bedre sanitærstandarden og kunnskapen om sammenhengen mellom avløp, hygiene og helse vil en minke utbrudd av for eksempel:

- diaré
- kolera
- schistosomiasis (bilharzia)
- malaria

4.0 Innhold i avløpsvann

Avløpsvann er vann som er brukt av befolkningen og som inneholder alt det som er tilført vannet under bruk. I hovedsak er avløpsvann avføring og urin fra mennesker, men inneholder også vaskevann fra vaskemaskiner, oppvaskmaskiner, dusj og vann brukt på kjøkken. I Norge bruker man i gjennomsnitt 250 liter vann per person per dag, samme tall for utviklingsland er 10 liter. (Holen 2004)

Avløpsvannet inneholder dermed store mengder organisk materiale, samt næringsstoffene nitrogen og fosfor. I tillegg inneholder avløpsvannet en rekke mineraler som stammer fra maten vi har spist. I henhold til svenske EPA (1995) (P. D. Jensen 1996) har avløpsvannet følgende hovedsammensetning i prosent:

Tabell 4-1 Hovedsammensetning av avløpsvann i % (P. D. Jensen 1996)

	Svartvann		Gråvann
	Urin	Feces	
Nitrogen	81	11	8
Fosfor	48	24	28
Kalium	63	24	13
Organisk stoff (BOF₇)	42		58

Gjennomsnittlig produksjon av urin, feces, nitrogen, fosfor og kalium per person per dag i Norge er gitt i Tabell 4-2.

En person produserer 1,3 liter urin per dag og urin + feces = 1,6 liter per dag.

Tabell 4-2 Gjennomsnittlig daglig produksjon per person i Norge (P. D. Jenssen og Arve Heistad 2002)

	Svartvann	Gråvann
Nitrogen (g/ppd)*	11	1
Fosfor (g/ppd)	1,3	0,3
Kalium (g/ppd)	2,5	0,6
Organisk stoff (BOF₇) (g/ppd)	18	28

* g/ppd: gram per person per dag

I avløpsvann finnes også en rik flora og fauna av mikroorganismer. De fleste mikroorganismene er harmløse for mennesker og er viktige med hensyn til nedbryting av avløpsvann. Avløpsvann kan også inneholde bakterier, virus og parasitter som kan påføre mennesker og dyr sykdommer ved kontakt med avløpsvann.

Avløpsvann kan også inneholde en rekke miljøgifter som tungmetaller og andre kjemikalier som blir brukt i industrien og husholdningen.

5.0 Hvorfor behandle avløpsvann

Urenset avløpsvann kan forårsake ødeleggelser for miljøet og skape helseproblemer for mennesker. Derfor bør avløpsvann behandles for å redusere

- Sykdommer
- Redusere vannforurensing og skade på akvatisk biota
- Eutrofiering
- Oksygensvikt

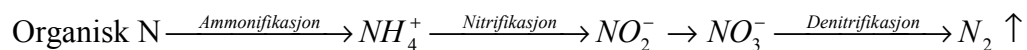
I hovedsak er avløpsvann avføring og urin fra mennesker. Avløpsvannet inneholder dermed store mengder suspendert stoff (SS), organisk materiale, næringsstoffene nitrogen (N) og fosfor (P) og patogene organismer. I tillegg vil avløpsvannet inneholde en rekke mineraler som stammer fra maten vi har spist. Disse stoffene er ettertraktet mat for bakterier, sopp og alger. Hvis avløpsvannet slippes ut i bekker, elver, ferskvann og i sjøen, kan dette føre til eutrofiering.

Befolkningen og enkelt individer kan bli eksponert av urenset eller delvis rensset avløpsvann på ulike måter. Dette kan være forurenset drikkevann som ligger nedstrøms tilførsel av avløpsvann, forurenset vann som blir brukt til vanning, aerosol transport og via forurenset mat.

5.1 Nitrogen

Nitrogen i avløpsvann kan eksistere i mange ulike former men i hovedsak som ammonium og organisk nitrogen (proteiner og aminosyrer).

Organisk nitrogen blir nedbrutt av ulike bakteriegrupper gjennom flere trinn.

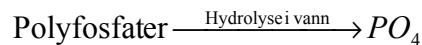
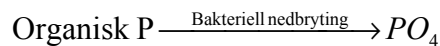
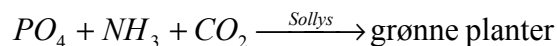


5.2 Fosfor

Fosfor foreligger i avløpsvannet både i form av partikulært bundet og løst fosfor. Mer enn 60 % av fosforen i avløpsvannet finnes i løst form, og da hovedsakelig som tre ulike grupper av forbindelser:

- organisk bundet fosfor
- polyfosfater eller tripolyfosfater (hovedsakelig fra vaskemidler).
Typisk $Na_3(PO_3)_6$, $Na_5P_3O_{10}$ og $Na_4P_2O_7$.
- ortofosfat (den dominerende delen) som $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} og PO_4^{3-} .

Fosfor blir nedbrutt på ulike måter:



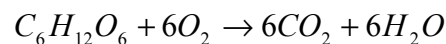
5.3 Organisk materiale

For å kartlegge mengden organisk materiale avløpet inneholder kan det undersøkes hvor mye oksygen bakteriene trenger for å bryte det ned. Det er i hovedsak 3 måter å uttrykke oksygen forbruket i avløpsvann:

1. ThOD (teoretisk oksygenforbruk)

Dette er den teoretiske mengden oksygen som trengs for å bryte ned den organiske fraksjonen i avløpsvannet til CO_2 og vann. Dette gjøres ved hjelp av utregninger.

Eks: nedbryting av glukose ($C_6H_{12}O_6$)



MW glukose: $6 \cdot 12 + 12 \cdot 1 + 6 \cdot 16 = 180 \text{ g/mol}$

MW oksygen: $2 \cdot 16 = 32 \text{ g/mol}$

Det teoretiske oksygenforbruket for 300 mg/l glukose er for eksempel
 $(6 \cdot 32 / 180) \cdot 300 = 321 \text{ mg } O_2/l$

2. KOF (kjemisk oksygenforbruk)

Denne verdien oppnås ved å oksidere avløpsvannet ved hjelp av en kokende dikromat løsning. Denne prosessen oksiderer nesten alt (95 %) det organiske materiale til CO₂ og vann.

3. BOF_x (biologisk oksygenforbruk i x dager)

Dette er den mengden oksygen som er nødvendig for nedbryting av avløpsvann ved hjelp av bakterier.

ThOD > KOF > BOF_x > BOF₇ > BOF₅

Avløpsvannets innhold av organisk materiale utgjør et vesentlig problem ved direkte utslipp til vassdrag. Det organiske materiale blir nedbrutt av mikroorganismer under forbruk av oksygen. Ved store mengder kan oksygenet bli brukt opp og medføre oksygensvikt i resipienten.

5.4 Patogene organismer (sykdomsfremkallende organismer)

Avføring fra mennesker er hovedkilden for patogene organismer i avløpsvannet. De patogene organismene kan deles inn i fire hovedgrupper: virus, bakterier, protozoer og helminter. Mengde av patogene organismer varierer i avløpsvannet og er en indikator på hvor frisk befolkningen er. (Okurut)

De patogene organismene kan føre til en rekke sykdommer som for eksempel

- Hepatitt A og E
- Trikinose
- Innvollsmark
- Diaré - bakterier - kolera
 - tyfus
- virus - rotavirus
 - norovirus
- protozoer - giardia
 - kryptosporodium
- Leptospirose

5.5 Suspendert stoff (SS)

Suspendert stoff er uløst stoff i avløpsvann. Hoveddelen av dette er organisk materiale med noe uorganisk materiale som sand og grus.

6.0 Generelt om avløpsrensing

Avløpsrensing er en prosess der en fjerner uønskede komponenter fra avløpsvannet. Alle avløpsrensingsanlegg er designet for å redusere nivået av suspendert stoff og organisk materiale fra avløpsvannet. Noen anlegg er i tillegg designet for å fjerne næringsstoffer og patogene mikroorganismer.

Det er mange ulike metoder for å rense avløpsvann. Disse metodene kan deles inn i

- konvensjonelle avløpsanlegg
- naturbaserte renseløsninger

6.1 Konvensjonelle avløpsanlegg

Konvensjonelle avløpsrensingsanlegg består av ulike prosessstrinn. Disse kan grovt deles inn i

- forbehandling
- mekanisk rensing
- kjemisk rensing
- biologisk rensing

Tabell 6-1 viser en grov oversikt over prosentdel reduksjon en kan oppnå for slam partikler, organisk stoff, fosfor, nitrogen og bakterier/virus i utynnet tettstedsavløp ved ulike rensemetoder. (Ødegaard 1992)

Tabell 6-1 Oversikt over % reduksjon ved ulike konvensjonelle rensemetoder (Ødegaard 1992)

Metode	Prosentdel reduksjon				
	Slam partikler	Organisk stoff	Fosfor	Nitrogen	Bakterier/Virus
Mekanisk	50	30	15	15	25
Kjemisk	90	80	90	20	99
Biologisk	90	90	30	20	90
Biologisk/kjemisk	95	95	95	25	99,9
Biologisk/kjemisk m/ N-fjerning	95	95	95	90	99,9

6.1.1 Forbehandling

Forbehandlingen har til hensikt å fjerne komponenter som kan føre til driftsproblemer i de etterfølgende behandlingstrinn. Forbehandlingen fjerner komponenter som filler, ulike gjenstander, sand, fett og grove partikler.

Forbehandling kan bestå av en eller flere komponenter som sil, sand- og fettfang.

6.1.1.1 Innløpssil

Denne er lokalisert i inntaket/innløpet til renseanlegget. Innløpssilen er konstruert slik at den fjerner grove partikler som pinner, filler etc. før de kommer inn på renseanlegget. De grove partiklene blir fjernet for å unngå at de skader pumper eller tetter rør og kanaler nedstrøms silen. Lysåpningen på disse silene avhenger hvor fine/grove partikler som en kan sendes inn på renseanlegget (50-150mm, 20-50mm, <10mm).

6.1.1.2 Sandfang

Sandfanget er konstruert for at sand, grus, kaffegrut etc. skal sedimentere ut fra avløpsvannet. Dette er for å hindre slipeslitasje av pumper, ledninger og kanaler, og for å hindre at sand etc. akkumulere og tetter kanaler i renseanlegget.

6.1.1.3 Fettfang

Fettfang er konstruert slik at fett fjernes før det kommer inn i renseanlegget. Fett kan føre til at pumper, ledninger og kanaler tettes.

6.1.2 Mekanisk rensing

I avløpsvann som har gjennomgått forbehandling er mesteparten av de store partiklene fjernet men inneholder fortsatt høye konsentrasjoner av suspendert stoff i størrelsen 0,05 – 10 mm. Det er ikke nødvendig å fjerne disse partiklene før det biologiske eller kjemiske rensetrinnet. Men ved å fjerne disse partiklene vil en kunne redusere størrelsen av reaktorene, energikostnadene og kjemikaliebruken ved renseanlegget.

Fjerning av disse partiklene gjøres ved hjelp av sedimentering. I et sedimenteringsbasseng synker partiklene til bunns ved hjelp av gravitasjon.

Ved mekanisk rensing fjerner en kun forurensning som er bundet til slampartiklene som blir sedimentert ut.

Slammet som blir tatt ut av avløpsvannet må tas hånd om i et slambehandlingsanlegg.

6.1.3 Kjemisk rensing

Avløpsvannet som har gjennomgått mekanisk rensing består av oppløst og finpartikulært materiale som vanskelig lar seg sedimentere ut fra avløpsvannet.

Ved kjemisk rensing tilsetter en kjemikalier slik at det oppløste og finpartikulære stoffet feller ut og danner større partikler som lettere lar seg separere ut fra vannet.

Kjemisk rensing består av to prosesser, koagulering og flokkulering.

I koaguleringsprosessen tilsettes kjemikalier for å oppnå en utfelling av kolodiale partikler. Disse partiklene er så små at de vil holde seg svevende i vannet.

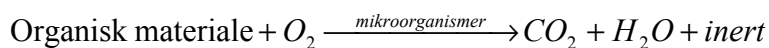
I flokkuleringsprosessen røres avløpsvannet sakte rundt slik at de små partiklene kolliderer med hverandre og danner større partikler/fnokker.

Fnokkene separeres fra vannet ved hjelp av sedimentering, flotasjon eller filtrering.

Kjemisk rensing er primært benyttet for å fjerne fosfor, men fjerner også betydelige mengder BOF 70-80 % og SS 85-95 %.

6.1.4 Biologisk rensing

Biologisk rensing benyttes først og fremst for å redusere avløpsvannets innhold av organisk stoff. Dette skjer ved at mikroorganismer omsetter organisk stoff til enkle forbindelser og ny celle masse.



Dette medfører at biologisk rensing gir to hovedprodukter, rensset vann og slam.

Ved biologisk rensing kan man også fjerne ammonium ved hjelp av nitrifikasjon og nitrogen ved hjelp av denitrifikasjon. Fosfor kan til en viss grad fjernes ved hjelp av en kombinasjon av anaerob og aerob rensing.

Prosessutforming av et biologisk anlegg kan deles inn i to hovedgrupper

- anlegg med suspendert bakteriekultur (aktivslam anlegg)
- anlegg med fastsittende bakteriekultur (biofilmanlegg)

I anlegg med suspendert bakteriekultur oppholder bakteriene seg frittsvevende (flokkulert sammen i aggregater) i bioreaktoren mens i et anlegg med fastsittende bakteriekultur vokser bakteriekulturen på flater i bioreaktoren som er gjort tilgjengelig for dette

6.1.5 Kombinasjon av mekanisk, kjemisk og biologisk rensing

Ved å kombinere de ulike renseprosessene på ulike måter kan en oppnå den renseseffekten man har satt seg for rensesanlegget.

Ved kombinasjon av biologiske og kjemiske renseprosesser kan en oppnå høy renseseffekt med hensyn til organisk stoff, fosfor, suspendert stoff, nitrogen, bakterier, virus og tungmetall.

6.2 Naturbasert avløpsrensing

Naturbasert avløpsrensing er lavteknologiske rensemetoder som er basert på rensing gjennom:

- jord
- jord og planter
- akvatiske rensemetoder

Som for konvensjonell avløpsrensing må avløpsvannet forbehandles før det går inn naturbasert avløpsrensing. Dette gjøres for å forhindre at jordrenseanlegg tetter seg, at det akkumuleres flyteslam i damanlegg, at slam i anlegget blir forurenset av glass, stein, grus etc. og at utstyr som blir brukt blir ødelagt. Forbehandling kan for eksempel være sil, sedimenteringsbasseng og septiktank.

6.2.1 Jordbaserte rensemetoder

Jordbaserte rensemetoder er basert på rensing ved filtrering gjennom jord. Rensing av avløpsvann i jord foregår ved hjelp av fysiske, kjemiske og biologiske prosesser. Jordrenseanlegg er arealkrevende og areal på mer enn 5 m²/pe (NKF og NORVAR 2003) er vanlig.

Et infiltrasjonsanlegg består av følgende hovedkomponenter: slamavskiller, fordelingskum og infiltrasjonsfilter.

- Slamavskilleren er første rensetrinn i naturlig infiltrasjon. Der fjernes store partikler og er med på at infiltrasjonsfilteret ikke tettes igjen.
- Fordelingskummen er med på å fordele avløpsvannet jevnt ut over infiltrasjonsfilteret, dette for at filteret skal få en jevn belastning. Avløpsvannet fordeles over filterflaten med rør som legges oppå fordelingslaget.
- Selve infiltrasjonsfilteret er stedeagne løsmasser som avløpsvannet sildrer over. Anlegget kan utformes på mange ulike måter som lukkede basseng/grøfter, spredning på jordoverflaten og infiltrasjon i åpne dammer.

Jordmassene kan holde tilbake store mengder forurensningsstoffer. Er det velegnede jordmasser kan følgende renses effekter oppnås

Tabell 6-2 Renseeffekt og utslippskonsentrasjoner fra naturlig infiltrasjon (NKF og NORVAR 2003)

	Renseeffekt %	Utslippskonsentrasjoner
Tot P	> 99,9	< 0,01 mg/l
BOF₇	> 99,9	< 0,1 mg/l
Tot N (gråvann + svartvann)	> 50	< 50 mg/l
Tot N (gråvann)	> 50	< 10 mg/l
E.coli	> 99,99	< 1/100 ml

6.2.2 Jord og plantebaserte rensemetoder

Jord og plantebaserte rensemetoder skjer ved rensing i porøst jordmedium som er tilplantet med våtmarksplanter eller annen vegetasjon. De vanligste anleggstypene er naturlige eller konstruerte våtmarker.

Våtmarker kan sees på som biologiske filtre med visse evner og begrensninger.

Hovedfunksjonene kan oppsummeres slik:

- Opptak og fjerning av næringsstoffer (nitrogen og fosfor)
- Sedimentering
- Nedbryting og fjerning av organisk materiale
- Utfelling av metaller
- Fjerning av patogener
- Nedbryting av giftige komponenter

De viktigste fjerningsmekanismene av forurensning i våtmarker er:

Tabell 6-3 Fjerningsmekanismer av forurensning i våtmarker (Brix)

	Fjerningsmekanisme
Suspendert stoff	Sedimentering og filtrering
BOF	Mikrobiell nedbryting (aerob / anaerob) Sedimentering
Nitrogen	Ammonifisering etterfulgt av mikrobiell nitrifikasjon og denitrifikasjon Planteopptak Ammoniakk fordamping
Fosfor	Sorpsjon med jord Planteopptak
Patogene organismer	Sedimentering / Filtrering Naturlig død UV stråling Utskillelse av antibiotika fra plante røtter

6.2.2.1 Naturlig våtmark

Naturlige våtmarker finnes som oftest i grenseflaten mellom det terrestriske økosystemet og det akvatiske økosystemet.

Mitsch og Gosselink (Mitsch and Gosselink 2000) deler naturlige våtmarker inn i to typer, kystvåtmark og innlandsvåtmark. Videre blir disse delt inn i:

- Kystvåtmarker
 - ◆ salt marsh,
 - ◆ tidal freshwater marsh,
 - ◆ mangrove
- Innlandsvåtmarker
 - ◆ freshwater marsh
 - ◆ peatland
 - ◆ freshwater swamp
 - ◆ riparian ecosystems (elveøkosystem)

Naturlige våtmarker blir beskrevet som “nyrene til landskapet” (Mitsch and Gosselink 2000) da de er nedstrøms mottakere av vann og avfall fra både naturlige og menneske skapte kilder. De stabiliserer vannleveransen/lageret av vann, slik at en unngår tørke og oversvømmelse. Planterøttene bidrar til å skape et miljø i jordmediet som fremkaller ulike renseprosesser.

Naturlige våtmarker har et unikt økosystem, med stort biologisk mangfold.

Renseeffekten i naturlig våtmark ligger på linje med renseeffekten konstruert våtmark, men i en naturlig våtmark er det vanskeligere å forutse hva som skjer.

6.2.2.2 Konstruert våtmark

Konstruerte våtmarker er våtmarker som er bygget på et velegnet sted for rensing av avløpsvann. I motsetning til naturlige våtmarker kan en designe en konstruert våtmark slik at en fjerner ønskede mengder av næringsstoffer, metaller, organisk materiale, patogene osv. I en konstruert våtmark kan en følge med på hva som skjer i de ulike trinnene og justere der det måtte være nødvendig for å oppnå ønsket renseeffekt.

Konstruerte våtmarker blir klassifisert på bakgrunn av den dominerende planten i våtmarken:

- neddykkede planter
- flytende planter
- fastsittende planter som stikker opp fra vannflaten
- kombinasjon av alle anleggene

Konstruerte våtmarker som består av fastsittende planter som stikker opp fra vannflaten blir deretter delt inn etter hvordan strømmingen i anlegget er:

- strømning i overflaten
- horisontal strømning under overflaten
- vertikal strømning under overflaten (perkolasjon)

Renseeffektene som kan oppnås i en konstruert våtmark ligger i området:

Tabell 6-4 Renseeffekter en kan oppnå i en konstruert våtmark (Bastian R.K og Hammer D.A)

	Renseeffekt %
Fosfor	20 – 90
Nitrogen	30 – 98
BOF₅	50 – 90
SS	40 – 94
Patogene bakterier	70 – 99

6.2.3 Akvatiske rensemetoder

Akvatiske rensemetoder omfatter biologiske dammer og akvakultursystemer.

Biologiske dammer kan vanligvis ikke brukes som eneste rensemetode dersom høy fjerning av næringssalter er nødvendig. Ved hjelp av fellingskjemikalie kan det oppnås høy grad av fosforfjerning.

Akvakultursystemer er systemer hvor alger, plankton, høyere planter eller krepsdyr og fisk dyrkes direkte i avløpsvannet. Disse systemene gir mulighet for stor fjerning og resirkulering av næringssalter og omsetting av ressursene i avløpsvannet til resirkulerbare produkter

Biologisk dam (waste stabilization ponds) (WSP)

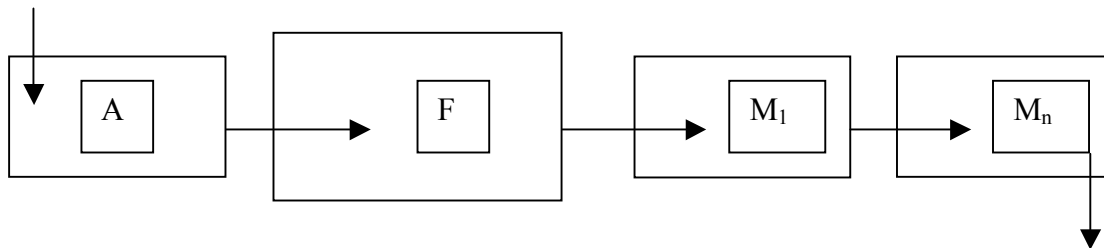
Dette er store grunne basseng hvor avløpsvannet blir behandlet ved hjelp av naturlig prosesser der alger og bakterier er tilstede.

Disse dammene kan deles inn i 3 hovedtyper:

- Anaerob dam (A)
- Fakultativ dam (F)
- Modnings dam(M)

Anaerobe og fakultative dammer er i hovedsak designet for fjerning av organisk materiale mens modnings dammer er designet for fjerning av fekale bakterier. Noe fjerning av fekale bakterier (spesielt *Vibrio Cholerae*) skjer i anaerobe og fakultative dammer. Disse dammene står også for fjerning av mesteparten av helmint eggene. I modnings dammer foregår også noe fjerning av organisk materiale og noe fjerning av nitrogen og fosfor

Ved rensing av avløpsvann i biologiske dammer kombinerer man ofte de ulike dammene i serie og gjerne i flere paralleller. En vanlig serie i henhold til Mara (Mara 2004) er:



Det er bygget mange tusen WSP rundt om i verden fra Alaska til New Zealand. Mange av disse anleggene er mindre anlegg, men anlegg for en befolkning på 1 million og 2.6 millioner er bygget. (Mara 2004).

Bildet under viser Dandora WSP i Nairobi i Kenya. Dette anlegget er dimensjonert for en kapasitet på 30.000 m³/d og består av to serier med en primær fakultativ dam på 21 hektar og 3 modningsdammer på 9 hektar hver.



Bilde 6-1 Fase 1 av Dandora WSP i Nairobi, Kenya (design flow 30.000 m³/d) (Mara 2004)

Tabellen nedenfor viser % renseeffekt av fem WSPer i serie:

Tabell 6-5 Renseeffekter i % av en serie med 5 WSP i nordøst Brasil (Mara 2004)

	A	F	M ₁	M ₂	M ₃	Totalt
BOD	73,8	81,3	89,6	92,1	92,9	93
SS	81,6	75,7	80	85,9	85,3	85
NH₃ – N	28,9	66,7	55,6	68,9	82,2	82
Fosfor	39,4	43,9	48,5	51,5	63,4	64
Fekale koliforme	94	99,4	99,96	99,99	99,99	99,99

Anaerob dam

Ved rensing av avløpsvann ved hjelp av dammer, starter ofte serien med en anaerob dam. Disse dammene er vanligvis mellom 2-5 meter dype. Avløpsvannet de mottar har et høyt organisk innhold slik at dammen ikke inneholder oppløst oksygen og alger. Primærfunksjonen til den anaerobe dammen er fjerning av organisk materiale.

Fjerning av organisk materiale foregår ved at partiklene sedimenterer etterfulgt av anaerob nedbryting i slam laget. Anaerob nedbryting foregår best ved temperaturer over 15 °C, da kan dammen boble pga frigjøring av biogass. Ved å dekke over dammen kan biogassen samles opp og en kan få produsert elektrisitet.

Flytende materiale og skum inklusiv olje blir værende i den anaerobe dammen. Dette er viktig da det vil blokkere for lys som er nødvendig for fotosyntesen i den fakultative dammen.

I følge Mara (Mara 2004) vil en oppnå over 60 % fjerning av organisk materiale ved 20 °C i den anaerobe dammen.

I anaerobe dammer vil en gradvis få en akkumulering av slam, slik at en må fjerne slam hvert 1 – 3 år. Flyteslammet er ikke nødvendig å fjerne da dette er med på å holde dammen anaerob.

Fakultativ dam

En fakultativ dam kommer ofte etter en anaerob dam og er designet for fjerning av organisk materiale. Disse dammene har en dybde på mellom 1 – 1,8 meter, der 1,5 meter er mest brukt. Blir dybden grunnere enn 1 meter vil en få plantevekst i dammen. Ved dybder større enn 1,8 meter risikerer en at en får en anaerob dam i stedet for en aerob dam.

Fakultative dammer kan deles inn i 3 soner

- en overflate sone som inneholder alger og aerobe bakterier (fotosyntese)
- en anaerob bunnsone hvor akkumulert slam omsettes vha anaerobe bakterier
- en overgangssone hvor fakultative organismer dominerer

Modnings dam

Hovedfunksjonen til modnings dammer er å redusere patogener i avløpsvann, først og fremst fekale bakterier og virus til et nivå slik at en kan gjenbruke avløpsvannet til jordbruksvanning og/eller akvakultur.

Modnings dammer har et dyp på ca. 1 meter, grunne dammer fjerner større mengder med fekale bakterier og virus grunnet større lysgjennomtrenging. Modnings dammer er aerobe og har mindre lagdeling enn fakultative dammer.

7.0 Prosjektering av avløpsanlegg for utviklingsland

Ved prosjektering av avløpsanlegg for utviklingsland må det prosjekteres anlegg som har lave kostnader både med tanke på kapitalkostnader, driftskostnader og vedlikeholdskostnader.

Tabellen nedenfor viser viktighet av flere parametere i i-land og i u-land når det gjelder behandling av avløpsvann.

Tabell 7-1 Viktige faktorer ved prosjektering av avløpsrensaneanlegg i utviklingsland (Mara 2004)

Faktor	Industriland	Utviklingsland
Effektivitet	C.....
Pålitelighet	C.....	C.....
Slam produksjon	...	C.....
Størrelse på landområde	C.....	..
Miljøpåvirkning
Drifts kostnader	...	C.....
Konstruksjonskostnader	..	C.....
Tåleevne	...	C.....
Enkelhet	.	C.....

C kritisk; veldig viktig; . mindre viktig

De kritiske punktene i tabellen gir en pekepinn på hva en må tenke på ved valg av avløpsrensaneanlegg.

Det er viktig å tenke på kostnader ved valg av rensaneanlegg. For å unngå å måtte pumpe avløpsvann til et rensaneanlegg må det vurderes om det blir rimeligere i det lange løp å bygge to eller flere anlegg. Elektrisitet er dyrt og større forbruk bør unngås.

Høy grad av driftssikkerhet er viktig slik at anlegget fungerer optimalt og oppfyller de kravene som er gitt. Anlegget må også være robust slik at det tåler driften og varer lenge uten for mye utskifting av deler og lignende.

Anlegget som velges må være lett å drive og vedlikeholde. Blir anlegget for komplisert er det ikke sikkert at det finnes kvalifisert personale til å drive anlegget.

Faktorer som er med på å øke driftskostnadene på et anlegg er energibruk og kjemikaliebruk. Derfor må energi- og kjemikaliebruken ned på et minimum.

Videre er det viktig å velge et anlegg som har lav slamproduksjon. Ved høy slamproduksjon må behandlingsanlegg for slam dimensjoneres høyere, noe som gjør at kostnadene stiger.

8.0 Kloakkering av Toliara

Hvordan skal en kloakkere Toliara? Dette er et vanskelig og komplisert spørsmål. Toliara er en by med ca. 200 000 innbyggere. Byen mangler infrastruktur både på veg, renovasjon, vann og avløp.

Det eksisterende avløpsnett er ikke bygd ut i takt med befolkningsveksten. Dette medfører at det er kraftig underdimensjonert og kun finnes i sentrum av byen. Avløpsnett har heller ikke blitt vedlikeholdt og er i dårlig forfatning. Det er derfor behov for å vurdere hvordan en skal kloakkere hele Toliara på ny.

I den vestlige del av verden er det utenkelig ikke å ha installert vannklosett i bygninger der mennesker oppholder seg. I Toliara er det ikke mulig på overskuelig tid å se for seg slike løsninger på avløpsproblemene. Dette først og fremst på grunn av landets økonomiske situasjon, men også knapphet på vannressurser har betydning i denne sammenheng.

Byen er relativt flat og bortledning av avløpsvann og overflatevann/regnvann er problematisk. Grunnvannet står høyt (omtalt i kapittel 3.4), dette vil skape store problemer ved eventuell infiltrasjon til grunnen.

8.1 Avløpsvann

I byen er det flere typer avløpsvann. Det må tas stilling til hvordan det skal behandles og ledes bort.

Husholdningsavløp

Husholdningsavløp kan deles inn i to fraksjoner, svartvann og gråvann. Svartvann er avløp fra toalett og gråvann er resten av husholdningsavløpet.

Det må vurderes om avløpet fra Toliara skal deles inn i disse to fraksjonene eller ses på under ett.

Gråvann

Som en ser av Tabell 4-1 inneholder gråvannet en liten andel av næringsstoffene i avløpsvannet, men en stor andel av det organiske materiale hvis man ser gråvann og svartvann under ett.

Svartvann

Som en ser av Tabell 4-1 inneholder svartvann mesteparten av næringsstoffene, nitrogen og fosfor.

Skal avløpet fra Toliara deles inn i disse to fraksjonene må en investere i dobbelt ledningsnett og dobbelt opp med renseanlegg. Investeringskostnadene ved dette vil bli høyt for et utviklingsland.

I Norge blir disse fraksjonene normalt sett på under ett og ført til samme renseanlegg.

Industriavløp

Det er noe industri i Toliara. Industriavløp skaper andre problemer enn annet avløp (svartvann og gråvann). Det må primært tenkes på at industribedrifter kan kontaminere slam slik at det for eksempel ikke kan brukes som jordforbedringsmiddel. Bedrifter med utslipp av tungmetaller og/eller andre giftige komponenter bør få pålegg om å rense avløpet sitt selv.

For å få oversikt over dette må det tas prøver fra de ulike bedriftene.

Regnvann

Det er viktig å lede regnvannet bort fra gater og boligområder for å unngå stagnasjon av vann. Regnvann kan ledes bort i egne kanaler/rør eller ledes bort sammen med avløpsvannet.

Hvis en velger å lede regnvann bort sammen med avløpsvann må både kanaler/rør og renseanlegg dimensjoneres for den ekstra belastningen. Dette kan medføre en økning i investeringskostnadene.

En annen løsning er å bruke eksisterende kanaler for å lede regnvannet bort fra boligbebyggelsen og ut i sjøen. Regnvannet medfører normalt ingen forurensningsfare og behøver derfor ingen rensing.

De eksisterende kanalene er delvis ødelagte og underdimensjonert for dagens by. For å få ledet bort regnvannet på en tilfredsstillende måte må eksisterende kanaler renoveres og utvides. I tillegg må det bygges nye kanaler til deler av byen som ikke har kanaler i dag.

Det er viktig med et godt vedlikeholdsarbeid av kanalene slik at de ikke tettes, men fungerer optimalt til enhver tid.

Dimensjonering av avløpsanlegg som skal lede bort overvann må som oftest være basert på regnskyll av 5 – 30 min varighet eller mer. Hittil har det vært vanlig å dimensjonere ledningene i et avløpsnett etter den rasjonelle metode.

$$Q_0 = \phi * A * i_{t,z}$$

Her er A arealet i hektar (ha) som gir avrenning til de enkelte ledningstrekk. ϕ er en avrenningskoeffisient og er ubenevnt. $i_{t,z}$ er regnintensiteten i l/s * ha. Den er en funksjon av varigheten t i minutter og hyppigheten z . (Bøyum 1989)

For å kunne dimensjonere kanalene for Toliara riktig er det nødvendig å skaffe til rette data for nedbørsintensiteten for byen. Den finnes bare ved flere års registrering av korttidsnedbøren. En 20 – års periode anses som godt grunnlag, men i utviklingsland må man kanskje basere seg på en kortere periode.

At regnvann ikke medfører forurensningsfare er en halv sannhet. Regnvannet i seg selv er rent men når det treffer bakken og skyller for eksempel veier og gårdsplasser vil det ta med seg den forurensningen som ligger der. Skal regnvannet ledes ut i en sårbar resipient bør en lage et fordrøyningsbasseng for vannet slik at en del av forurensningen blir sedimentert bort.

8.2 Kanaler/Rør

Ved kloakkering av ett område kan dette gjøres med rør eller kanaler. Begge metodene har sine fordeler og ulemper.

Tabell 8-1 Fordeler og ulemper med kanaler og rør

	Fordeler	Ulemper
Rør	<ul style="list-style-type: none"> - Tette - lite vedlikehold - hygienisk sikre - tette slik at pumpe kan brukes 	<ul style="list-style-type: none"> - dyre i anskaffelse - må legges nøyaktig for at de ikke skal ødelegges
Kanaler	<ul style="list-style-type: none"> - enkle å holde ved like - enkle å legge 	<ul style="list-style-type: none"> - mye vedlikehold - tettes fort pga sandflukt - hygienisk usikre - inntrenging av grunnvann og regnvann

Kanaler og rør har både fordeler og ulemper. Ved valg av løsning må det vurderes ut fra helheten og ikke ut i fra enkelt faktorer.

Toliara bør kloakkes ved hjelp av rør, da rør er tette og hygienisk sikre. Rør kan også senere kombineres med pumper dersom det skulle bli nødvendig.

Ved dimensjonering av avløpsledningene må en se på vannføringen i rørene. Ved lav vannføring vil en kunne få manglende selvrensing av rørene. Dette vil igjen kunne føre til gjentetting.

Alternativ for å unngå dette er små rørdimensjoner slik at en oppnår selvrensing eller en kan spyle rørene med jevne mellomrom for å hindre gjentetting.

Det blir ikke gått nærmere inn på denne problemstillingen i oppgaven.

8.3 Utedo

Utedoene på Madagaskar blir bygget med et hull i bakken med et lite skjul over. Når hullet blir fullt dekkes det over med jord. Et nytt hull blir gravd og skjulet blir flyttet over til dette hullet.

Fordelen med disse anleggene er at svartvannet blir samlet på en plass og ikke rundt om i gatene. Det negative er at når grunnvannet stiger eller ved en flom situasjon, vil disse anleggene flyte over og medføre et forurensnings og et helsemessig problem. For å unngå dette bør disse "toalettløsningene" erstattes med noe nytt.

Hva er så alternativene?

- Installere vannklosett og føre avløpsvannet til ledningsnett eller tett tank. Dette er som tidligere nevnt en kostbar løsning som de færreste har råd til. Vannklosett bruker vann. Det er knappe vannressurser og dessuten vil en slik løsning øke volumet av avløp betydelig.
- Beholde utedoene, men la avløpsvannet gå ned i en tett tank.

8.4 Offentlig toalett

Da en tredjedel av innbyggerne i Toliara ikke har noen tilgang til sanitære fasiliteter er det en mulighet å bygge offentlige toalett, som det er en viss tradisjon for fra tidligere.

Det er viktig at denne tjenesten er gratis, slik at en sikrer bruken av toalettene.

Toalettene må sikres for å unngå ran og overfall på brukerne. Det er også viktig med jevnlig rengjøring og nødvendig vedlikehold. Dette for å sikre at toalettene blir brukt og bruken ikke medfører en helsemessig risiko.

8.5 Septiktank/Tett tank

Det er installert flere septiktanker og såkalte tette tanker rundt om i byen. Ved samtale med Toliara kommune var det vanskelig å få inntrykk av hvordan de tette tankene og septiktankene blir tømt. Det ble gitt flere forslag på hvordan de håndterte dette problemet.

- Når en tank er full, blir det bygd ny tank ved siden av.
- Det problemet fikk de ta når det oppsto.

I tabellen nedenfor er det listet opp fordeler og ulemper med tette tanker og septiktanker.

Tabell 8-2 Fordeler og ulemper med septiktank og tett tank

	Fordeler	Ulemper
Septiktank	<ul style="list-style-type: none">- Separerer fast stoff og væske- Mindre dimensjon på ledning til renseanlegg	<ul style="list-style-type: none">- Utslipp fra tanken- Flere deler som kan ødelegges- Må tømmes
Tett tank	<ul style="list-style-type: none">- Ingen utslipp	<ul style="list-style-type: none">- Må tømmes oftere enn en septiktank- Separerer ikke fast stoff og væske

Skal alt avløpsvannet ledes inn til renseanlegg, er det ikke nødvendig å ha septiktank. En septiktank må tømmes, dette er unødvendig da alt avløpsvannet skal inn på renseanlegget.

Velger en å ha septiktanker, kan ledningene til renseanlegget dimensjoneres mindre på grunn av at noe av slammet er borte fra avløpsvannet. En slipper også å bygge et forbehandlingstrinn til renseanlegget, dersom det er nødvendig, da septiktanken fungerer som et slikt anlegg. Slam som fjernes fra septiktanker må fraktes til et behandlingsanlegg for slam.

Det vil skape problemer med å kloakkere hele byen til ett eller flere renseanlegg. Områder i byen som ikke lar seg kloakkere direkte til et renseanlegg kan eventuelt kloakkeres til tette tanker. Disse tankene trenger jevnlig tømning for at de ikke skal renne over og skape problemer. Innholdet i de tette tankene må fraktes til avløpsrenseanlegg for rensing.

Både septiktank og tett tank krever jevnlig tømning. For å utføre tømning på slik tanker er det behov for sugebil. Det er en investering Toliara kommune må ta hvis septiktanker og tette tanker er en del av avløpsnettet.

8.6 Konklusjon

Kloakkeringsforholdene i Toliara er helt uakseptabelt etter nåtidens krav og det er nødvendig med oppgradering av det anlegget som allerede eksisterer så vel som utvidelse av dette anlegget til resten av byen. Det bør videre bygges nytt avløpssystem for kloakk med tilhørende renseanlegg for avløpet.

En oppsummering og anbefaling av kapittel 8.0 blir:

- Bedrifter med utslipp av tungmetaller og/eller andre giftige komponenter bør få pålegg om å rense avløpet sitt selv.
- Gråvann og svartvann bør ses på under ett og føres til felles renseanlegg.
- Eksisterende kanaler bør renoveres og bygges ut slik at regnvannet blir ledet bort fra byen og ut i sjøen etter å ha passert fordrøyningsbasseng.
- Avløpet bør ledes bort fra byen i rør da disse er hygienisk sikre og kan kombineres med pumpe i fremtiden dersom det blir nødvendig.
- "Utedoer" kan være aktuelt i mer perifere deler av byen, men da i mer moderne form som do med tett tank/bøtte og multromlignende løsninger
- Offentlige toalett i en eller annen form synes nødvendig.

9.0 Hvilket renseanlegg skal velges

Ved valg av renseanlegg er det ulike hensyn man må ta:

- Rensekrav
- Etterbruk av utløpsvann
- Se kapittel 7.0 for andre hensyn

Det må først vurderes om man skal velge et konvensjonelt eller naturbasert renseanlegg. Sammenstiller man konvensjonelt mot naturbasert renseanlegg i en tabell med hensyn til de kritiske faktorene en kom frem til i kapittel 7.0, vil en få en pekepinn på hvilken av disse typene en bør velge.

De kritiske punktene en bør se på er pålitelighet, slamproduksjon, driftskostnader, konstruksjonskostnader, tåleevne og enkelhet. Disse punktene er satt inn i Tabell 9-1, der en veier de ulike punktene opp mot konvensjonelle og naturbaserte renseanlegg.

Tabell 9-1 Konvensjonelle mot naturbaserte renseanlegg

	Konvensjonelt	Naturbasert
Pålitelighet	+	+
Slamproduksjon	-	+ / -
Driftskostnader	-	+
Konstruksjonskostnader	-	+ / -
Tåleevne	+	+
Enkelhet	-	+

Ut fra tabellen ser en at de naturbaserte rensemetodene kommer best ut med tanke på driftskostnader, konstruksjonskostnader og enkelhet.

De naturbaserte renseanleggene er enkle å operere da det er minimalt med tekniske innretninger på et slikt anlegg. Det er ikke nødvendig med teknisk kompetanse for å drive et slikt anlegg.

Driftskostnadene er også lave da prosessene drives ved hjelp av mikroorganismer og er blant annet uavhengig av elektrisitet for å drive pumper, luftere med mer. Konstruksjonskostnadene for et naturbasert renseanlegg kan bli betraktelig mindre enn et konvensjonelt anlegg da en ikke er avhengig av tekniske og elektriske installasjoner.

Konklusjon 1: Ut fra de momentene som blir sett på som kritiske faktorer i kapittel 7.0 kommer naturbaserte renseanlegg generelt best ut og bør velges for Toliara.

Blant de naturbaserte rensemetodene har man tre hovedtyper. Dette er jord, jord / planter og akvatiske rensemetoder.

Tabell 2-1 viser at Toliara er et nedbørsfattig område. Dette medfører at det kan bli knapt med vann til jordbruksvanning. Det bør derfor vurderes om renset avløpsvann kan brukes til jordbruksvanning. Ett problem kan være å frakte det rensede avløpsvannet ut til jordbruksområdene.

Skal vann fra avløpsrenseanlegget/ene brukes til jordbruksvanning, er det ikke nødvendig å fjerne nitrogen og fosfor. Dette vil være sårt tiltrengt næring for plantene som blir vannet.

Skal vann fra avløpsrenseanlegget/ene slippes direkte ut i sjøen, er det viktig å fjerne næringsstoffene som fører til algeoppblomstring og effekter på korallrevet samt leveområdet innenfor revet.

I tabellen nedenfor blir de ulike renseløsningene satt opp mot hverandre og vurdert for ulike faktorer:

Tabell 9-2 Ulike renseløsninger vurdert for ulike faktorer

	Jord	Jord / Planter	Akvatiske rensemetoder
Fjerning av fosfor/nitrogen	Egnet	Egnet	Uegnet
Forbehandling	Nødvendig	Nødvendig	Unødvendig
Fjerning av organisk materiale	Egnet	Egnet	Egnet
Fjerning av patogene organismer	Egnet	Egnet	Egnet

9.1 Valg når renselanlegg ikke skal fjerne næringsstoffene fosfor og nitrogen

Tabell 9-2 viser at av de naturbaserte renselanleggene er det kun akvatiske rensemetoder som ikke fjerner nitrogen og fosfor fra avløpsvannet. Renselanlegget fjerner noe av næringsstoffene, men er primært konstruert for å fjerne organisk materiale.

Konklusjon 2

Skal avløpsvannet brukes til jordbruksvanning, bør det velges akvatisk rensemetode for rensing av avløpsvann. Da blir store deler av næringsstoffene nitrogen og fosfor beholdt som vil komme til nytte i landbruket.

9.2 Valg når renselanlegg skal fjerne næringsstoffene fosfor og nitrogen

Tabellen viser at en må velge jordbasert eller jord/plante basert rensing av avløpsvannet, eller eventuelt en kombinasjon mellom akvatisk og jord/plantebasert rensing når avløpsvannet skal renses for næringsstoffene fosfor og nitrogen.

Jord

Ved valg av jordbasert renselanlegg må avløpsvannet forbehandles. Dette er viktig for å unngå tiltetting av jordrenseanlegget. Anaerob dam og slamavskiller er to eksempler på forbehandling til et jordrenseanlegg.

Jordbasert rensing skjer ved infiltrasjon i grunnen. Ved naturlig infiltrasjon ligger dybden av filterflaten på mellom 0,8 – 1,2 meter dyp og filterflaten skal minimum ligger 0,5 meter over grunnvannsspeilet. (NKF og NORVAR 2003)

I Toliara vil det by på problem å bygge slike anlegg da grunnvannet står høyt, fra 0,1 – 2 meter dyp. Grunnvannet vil dermed trenge inn i infiltrasjonsanlegget og medføre vannstagnasjon.

Et infiltrasjonsanlegg tar stor plass. Filterflaten beregnes ut i fra infiltrasjonskapasiteten (k) til jordmassene og dimensjonerende vannmengde (Q) inn på anlegget. $A = Q / k$

Konklusjon 3 I Toliara er jordrenseanlegg uegnet på grunn av grunnvannet som står så høyt.

Jord / Planter

Også ved valg av et jord/plantebasert renseanlegg må en først ha en forbehandling av avløpsvannet.

De vanligste rensemethodene for jord/plantebasert rensing er naturlige eller konstruerte våtmarker.

I Toliara er det mangroveskog langs sjøen i deler av byen. Per i dag ender kanal 1 og 2 (se 2.1.4) ut i mangrove skogen.

En bør imidlertid i størst mulig grad unngå å bruke naturlige våtmarker som renseanlegg. Våtmarker har et rikt biologisk mangfold. Ved å bruke den naturlige våtmarken som renseanlegg risikerer en å ødelegge dette, og det er ikke ønskelig.

Konstruerte våtmarker er konstruert og anlagt slik at de skal ta imot og rense avløpsvann.

Noe vedlikehold er det på konstruerte våtmarker. Noe av det viktigste er:

- Forbehandling som fungerer.
- En må passe på at våtmarken får en jevn hydraulisk belastning
- Plantene må høstes jevnlig for å få effekt av næringsstoff fjerningen.
- Sette inn mottiltak slik at en ikke får yngling av f. eks malariamygg

Anlegget må bygges slik at grunnvann ikke trenger inn i det.

Akvatisk – jord/planter

Ved å kombinere disse to typene renseanlegg kan man kombinere de ulike fordelene ved hvert av anleggene. Et par av fordelene er som følger:

- Den anaerobe dammen fungerer som et forbehandlingstrinn.
- Fjerning av næringsstoffene fosfor og nitrogen.

- Oppsamling av metangass for produksjon av elektrisitet.

Dette renseanlegget kan konstrueres på mange ulike måter. Starter man med en anaerob dam unngår man forbehandling av avløpsvannet. Fortsetter man med en fakultativ dam vil mye av organisk materiale og slam være fjernet av avløpsvannet. For fjerning av fosfor, nitrogen og resten av de patogene organismene kan flere modningsdammer kombineres med konstruerte våtmarker. For å unngå problemer med mygg kan det vurderes å sette ut fisk i kombinasjonsdammene som spiser mygg og mygglarver. For å kunne sette ut fisk i kombinasjonsdammene er man avhengig av vannkvaliteten for at fisken skal trives.

Anlegget må bygges og konstrueres slik at grunnvann ikke trenger inn i renseanlegget. Dette kan gjøres ved å konstruere bunnen og sidene av dammene ved hjelp av leire, betong eller duk.

Viktig vedlikehold på slike anlegg er blant annet:

- Planter må høstes jevnlig.
- Slam må fjernes med jevne mellomrom
- Fisk må passes på slik at de ikke dør.

Konklusjon 4

Ved å velge et kombinasjonsanlegg kan man unngå forbehandling men samtidig rense avløpsvannet for nitrogen og fosfor. I tillegg kan man samle opp metangass for produksjon av elektrisitet.

9.3 Annet alternativ for fjerning av avløpsvann

Ett annet alternativ for fjerning av avløpsvannet fra byen er å samle opp avløpsvannet og føre det ut i ledning som blir lagt utforbi korallrevet og ut i Mosambik kanalen.

I henhold til avløpsdirektivet fra EU (SFT) kan primærrensing av avløpsvannet være nok dersom grundige undersøkelser viser at utslippene ikke har skadevirkninger på miljøet. Det vil være naturlig at kravet for Madagaskar ikke blir satt strengere enn for Europa.

Kravet for primærrensing er en reduksjon av BOF_5 – tallet med minst 20 % og reduksjon av SS med minst 50 %. Dette kravet kan oppnås med rensing gjennom en riktig dimensjonert slamavskiller.

Tabell 9-3 Renseeffekt i slamavskiller (NKF og NORVAR 2001)

	% renseeffekt
Organisk stoff (BOF₇)	20 – 30
Suspendert stoff (SS)	30 – 60
Næringsalter (fosfor, nitrogen)	5 – 15

Konklusjon 5

Det er etter min mening ingen god løsning å lede avløpsvannet fra Toliara i rørledning ut i Mosambik kanalen. Ved å føre avløpsvannet bort, umuliggjør en resirkulering av plantenæringsstoffene nitrogen og fosfor og oppsamling av metangass. Dette er verdifulle produkter som bør tas vare på.

9.4 Konklusjon

Ser en på de momentene som er anført som kritiske faktorer i kapittel 7.0 kommer naturbaserte renseanlegg generelt best ut og bør velges for Toliara.

Skal avløpsvannet brukes til jordbruksvanning, bør det velges akvatisk rensemetode. Da blir store deler av næringsstoffene nitrogen og fosfor beholdt, disse vil komme til nytte i landbruket.

I Toliara er det ikke aktuelt å bygge jordreanseanlegg på grunn av at grunnvannet står høyt.

Ved å velge kombinasjonsanlegg kan man unngå forbehandling men samtidig rense avløpsvannet for nitrogen og fosfor.

Både ved å velge akvatisk rensemetode og kombinasjonsanlegg mellom akvatisk og jord/planter kan man samle opp metangass for produksjon av elektrisitet.

Det er ingen god løsning å lede avløpsvannet fra Toliara i rørledning ut i Mosambik kanalen. Ved å føre avløpsvannet bort, umuliggjør en resirkulering av plantenæringsstoffene nitrogen og fosfor og oppsamling av metangass. Dette er verdifulle produkter som en må ta vare på.

10.0 Slam

I dette kapitlet diskuteres slam fra avløpsvannet nærmere.

Jordsmonnet i Toliara er dominert av leire, sand og kalkstein. Dette medfører at jorda er fattig på næringsalter som igjen fører til et dårlig jordsmonn for jordbruk.

Tavy er det gassiske ordet for svedjebuk (bråtebrenning). Hvert år brennes marka for å rydde dem for økt avling og beite. Dette er en vond sirkel som forårsaker erosjon, ødeleggelse av skog og over tid dårligere avlinger.

Den vonde sirkelen kan brytes ved at jorda får tilført næringsstoffer. Slam som kommer fra renseanlegget har høyt innhold av plantenæringsstoffene nitrogen og fosfor. Dette slammet er dermed et flott jordforbedringsmiddel.

En typisk komposisjon av slam i henhold til Droste (Droste 1997) er:

Tabell 10-1 Komposisjon av slam (Droste 1997)

	Område (g/kg)	Typisk (g/kg)
Total N	15 – 40	25
P	3,5 – 12,2	7
Fe	20 – 40	25
K	0 – 8,3	4

Før slammet eventuelt skal brukes som jordforbedringsmiddel eller annen bruk må slammet behandles slik at slammet er trygt å bruke til tiltenkt formål. Denne oppgaven vil ikke diskutere dette videre.

11.0 Hva må gjøres før avløpsanlegget kan bygges

Det er en rekke faktorer som må på plass før bygging av avløpsrenseanlegg kan påbegynnes. I dette kapitlet diskuteres ulike faktorer som må på plass før avløpsrenseanlegg kan prosjekteres og bygges.

11.1 Kart

Det er viktig å skaffe gode og informative kart.

Kartene må inneholde høydekoter for å få god oversikt over hvordan topografien er. Det må også inneholde opplysninger om veier, elver, kanaler og bebyggelse.

Kartet vil dermed gi en oversikt hvor det er praktisk mulig å legge renseanlegget/ene.

11.2 Nedbørsintensitet

Dette er omtalt i kapittel 8.1.

11.3 Krav til renseanlegg

I 2003 satte regjeringen på Madagaskar ned en ad hoc komité bestående av berørte departement, UNICEF, WHO, UNDP, African Bank of Development og nasjonale ikke statlige organisasjoner. Denne gruppen skulle legge frem et nasjonalt sanitært policy og strategi dokument.

Hovedproblemene dokumentet tar for seg er:

- Håndtering av avføring i bymessige og landlige områder
- Håndtering av husholdningsavfall
- Håndtering av kommunalt avløpsvann og regnvann/overflatevann

Per i dag (juni 2007) er ikke dette strategidokumentet publisert, da en venter på godkjenning. (Mong Yves 2007)

Myndighetskrav vil være minimumskrav til renseanlegg, men anleggseier kan eventuelt sette strengere krav.

Skal utløpsvannet ledes direkte til sjøen må det tas spesielt hensyn til korall revet og leveområdene innenfor. Dagens situasjon, med for mye av næringssaltene fosfor og nitrogen, medfører negative konsekvenser (se 3.1.2). Dette er ikke ønskelig og renseanlegg må konstrueres slik at næringssaltene fjernes i en slik mengde at revet vil tåle belastningen.

Skal derimot utløpsvannet brukes til vanning ønsker man å beholde mest mulig av næringssaltene, men en må passe på at parasittene er fjernet.

I Toliara bør det seriøst vurderes å bruke det rensede avløpsvannet til jordbruksvanning. Avløpsvann med bevart nitrogen og fosfor vil være til god nytte i jordbruket som gjødningsmiddel.

11.4 Belastning

For å kunne prosjektere størrelsen på renseanlegget/ene må det fremskaffes opplysninger om belastningen som anlegget/ene må dimensjoneres for.

De viktigste parametrene en må undersøke er:

- mengde avløpsvann som skal ledes inn i renseanlegget per døgn (m^3/d)
- mengde organisk materiale
- mengde fosfor
- mengde nitrogen
- mengde TS

Arbeidet med å undersøke avløpsvannet fra Toliara er nå påbegynt. Det viser seg at avløpsvannet som renner ut i mangroveskogen for det meste består av gråvann. Per i dag er det kun en liten prosent av avløpsvannet fra Toliara som blir ledet inn i disse to kanalene. (Trydal 2008)

En må også tenke på om industriavløpet skal inn på renseanlegget. I dette avløpet kan det være komponenter som trenger spesielle teknikker for at det kan renses. Industriavløp må ikke tillates dersom dette kan føre til at avløpsvann/slam blir kontaminert slik at det ikke kan brukes i landbruket.

11.5 Interessenter

I planprosessen er det viktig å ta med representanter for alle berørte parter. Dette kan være representanter for industrien, myndigheter, bønder og ledere for de ulike bydelene.

Ved å ha med alle disse i planleggingsprosessen vil det føre til samme forståelse for prosessen og tiltakene som bør gjøres.

11.6 Antall anlegg

Det må tas stilling til om man skal ha ett eller flere renseanlegg. Her er det flere faktorer som spiller inn.

- er det praktisk mulig å lede alt avløpsvann fra byen til ett renseanlegg
- eller må det brukes pumper for å lede alt avløpsvann inn i ett renseanlegg

Viser det seg at det ikke er praktisk mulig å lede avløpsvannet inn i renseanlegget uten å bruke pumpe, må det tas stilling til om det i det lange løp blir rimeligere med to eller flere renseanlegg. Pumpe er dyr i innkjøp og drift, og trenger mye vedlikehold

for at den skal få en lang levetid. Ved å bygge flere renseanlegg vil det kanskje bli enklere å lede vannet fra renseanleggene ut til jordbruksområdene.

11.7 Hvor skal renseanlegg plasseres

Renseanlegg må ligge et sted der det ikke medfører en helsemessig risiko. Det må også være store nok areal til å bygge anlegg som er dimensjonert for dagens befolkning, men også med tanke på senere utvidelse.

11.8 Type renseanlegg

Dette er omtalt i kapittel 9.0.

11.9 Hvordan kloakkere Toliara

Dette er omtalt i kapittel 8.0.

11.10 Hvordan lede avløpsvannet inn til renseanlegg

I samtale med teknisk personale i Toliara kommune (Toliara kommune 2007) fikk jeg inntrykk at de ikke så på pumper som et alternativ i kloakkering av byen. Pumper er dyre i drift og innkjøp. Dessuten trenger pumper mye vedlikehold for at de skal fungere over tid.

Uten pumper vil det imidlertid by på store utfordringer å lede avløpsvannet til renseanlegg i og med at byen er relativ flat og ligger helt nede ved sjøen.

Fra deler av byen kan en nok få tilstrekkelig fall på kloakkrørene til et renseanlegg. I andre deler av byen må en ty til pumper eller legge til rette for tette anlegg. Slike anlegg er omtalt tidligere (se kapittel 8.5). Slike tette anlegg må tømmes jevnlig og innholdet fraktes til renseanlegg.

Før pumper utelukkes bør en sette opp regnskap for ulike alternativ for rensing med og uten pumpe(r). I dette regnskapet bør investeringskostnader driftskostnader og vedlikeholdskostnader settes opp.

Alternativ 1: Ett eller flere renseanlegg med selvfall.

Alternativ 2: Ett renseanlegg med pumpe(r).

Alternativ 3: Ett renseanlegg med selvfall for deler av byen og resten kloakkeres til tette tanker som trenger tømning. Tømning må da tas med i regnestykket sammen med utgifter for tømmebil.

Ved å legge frem de ulike alternativene vil en se hvilket alternativ en skal velge for Toliara kommune.

11.11 Slambehandling

Dette er omtalt i kapittel 10.0.

11.12 Prosjektering

Etter at alt forarbeidet er gjort må en starte med å prosjektere renseanlegget/ene og tilhørende overføringsledninger. Det er viktig å gjøre et grundig arbeid her, slik at man slipper mange overraskelser i anleggsperioden.

REFERANSER

Bastian R.K og Hammer D.A Constructed wetlands for water quality improvement. G. A. Moshiri. Boca Raton, Fla., Lewis Publishers: 632 s.

Brix, H. Constructed wetlands for water quality improvement. G. A. Moshiri. Boca Raton, Fla., Lewis Publishers: 632 s.

Bøyum, Å. (1989). Grunnkurs i VAR-teknikk. [Trondheim], Institutt for vassbygging, NTH.

Droste, R. L. (1997). Theory and practice of water and wastewater treatment. New York, Wiley.

Google earth.

Holen, T. M. L. (2004, 17.11.2004). "Vi bruker opp vannet." Retrieved 23. mai, 2008, from http://www.fn.no/temasider/miljoe/ferskvann/vi_bruker_opp_vannet.

Lonely Planet (2004). Madagascar & Comoros, Lonely Planet.

Mara, D. D. (2004). Domestic wastewater treatment in developing countries. London, Earthscan.

Mitsch, W. J. and J. G. Gosselink (2000). Wetlands. New York, Wiley.

Mong Yves (2007). National level review of the GPA guidelines and inventory of the status of mww management in the WIO region. Antananarivo, Masagaskar.

Monsen, N. (29.4.2003). "Leksikon for det 21. århundrede"
" Retrieved 9. mai, 2008, from <http://www.leksikon.org/art.php?n=3267>.

NKF og NORVAR. (2001). "VA/Miljø-blad nr. 48: Slamavskiller." Retrieved 6. juni, 2008, from http://rorsenter.egroup.no/VA-Blad/va_blad_enkeltvis/blad48.pdf.

NKF og NORVAR. (2003, 2003). "VA/Miljø-blad nr. 59: Lukkede infiltrasjonsanlegg." Retrieved 15 mai, 2008, from http://rorsenter.egroup.no/VA-Blad/va_blad_enkeltvis/blad59.pdf.

Okurut, T. O. A pilot study on municipal wastewater treatment using a constructed wetland in Uganda. Rotterdam, 2000: XI, 170 s.

P. D. Jensen (1996). Ecological engineering for wastewater treatment: Fundamentals and examples. Environmental Research Forum.

P. D. Jenssen og Arve Heistad (2002). Naturbaserte renseløsninger, forelesningsnotat.

Reef Doctor. "Research education conservation in Madagascar." Retrieved 9. mai, 2008, from http://www.reefdoctor.org/index.php/rd/expeditions/expeditions_introduction/.

SFT. (1998). "Rådsdirektiv for rensing av avløpsvann fra byområder." 2008, from http://www.sft.no/lover/direktiv/avlopsdirektivet_norsk.pdf.

Solcomhouse. "Side om korallrev." Retrieved 9. mai, 2008, from <http://www.solcomhouse.com/coralreef.htm>.

Toliara kommune (2007). Samtaler med ordfører og arbeidere i Toliara kommune

Trydal, T. (2008). Personlig samtale om avløpsforhold i Toliara.

World meteorological organization. (31.1.2007). "Vær observasjoner fra World meteorological organization" Retrieved 9. mai, 2008, from <http://www.worldweather.org/004/c00010.htm>.

Ødegaard, H. (1992). Fjerning av næringsstoffer ved rensing av avløpsvann. [Trondheim], Tapir.

"Et resultat av forskningsprogrammet om fjerning av næringsstoffer (FAN-programmet)" - Forordet