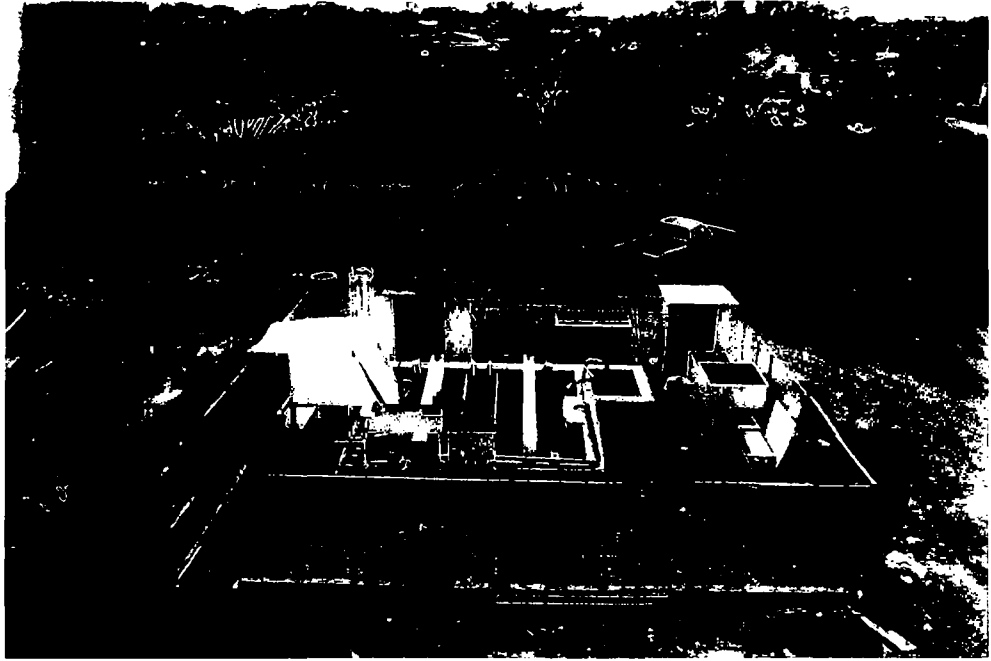


341.5 85AN

KINGDOM OF THE NETHERLANDS  
MINISTRY OF FOREIGN AFFAIRS  
DIRECTORATE GENERAL OF  
INTERNATIONAL COOPERATION  
DPO/OT

REPUBLICA DE COLOMBIA  
DEPARTEMENTO NACIONAL  
DE PLANEACION  
DIVISION COOPERACION  
TECNICA INTERNACIONAL

3 4 1 . 5  
3 5 A N



**ANAEROBIC TREATMENT AND RE-USE  
OF DOMESTIC WASTEWATER**  
LIBRARY  
INTERNATIONAL REFERENCE CENTRE  
FOR COMMUNITY WATER SUPPLY AND  
SANITATION PROJ.  
**PILOT PLANT STUDY CALI - COLOMBIA**  
**FINAL REPORT**  
**ANNEXES**  
**February 1985**

- HASKONING, Royal Dutch Consulting Engineers and Architects, Nijmegen, the Netherlands
- Agricultural University of Wageningen, the Netherlands
- Universidad del Valle, Cali, Colombia
- INCOL, Ingenieros Consultores LTDA, Cali, Colombia

341.5 85AN  
5762

LIBRARY, INTERNATIONAL REFERENCE  
CENTRE FOR COMMUNITY WATER SUPPLY  
AND SANITATION (IRC)

P.O. Box 93190, 2509 AD The Hague

Tel. (070) 814911 ext. 141/142

RN: 5762      2 out of 2 + 4 maps

LO:

## ANNEXES

- ANNEX 1 CONTRACT DOCUMENTS
- ANNEX 2 MATERIALS AND METHODS
- ANNEX 3 RESULTS RESEARCH PROGRAMME UASB PILOT PLANT
- ANNEX 4 RESULTS POST-TREATMENT TESTS
- ANNEX 5 COST ESTIMATES
- ANNEX 6 UASB SEMINAR CALI 18/19 OCTOBER 1984
- ANNEX 7 LEGISLATION ON WATER QUALITY IN COLOMBIA
- ANNEX 8 REPORT ON UASB PLANT IN NEIVA

LIBRARY, INTERNATIONAL REFERENCE  
CENTRE FOR COMMUNITY WATER SUPPLY  
AND SANITATION (IWC)  
P.O. Box 93-09, 2109 AD The Hague  
Tel: (070) 3-4311 ext. 141/142

RN: ~~05702~~ / ism 452<sup>2nd of 2.</sup>  
LC: ~~877 CO. CASS~~ + 4 maps

341.5 85AN

---

## **ANNEX 1**

---

---

ANNEX 1.1. PROJECT PROPOSAL

LITERATURE  
INTERNATIONAL WATER CENTRE  
LONDON, ENGLAND  
UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY AND  
CENTRE FOR WATER RESEARCH (CWR)

I. Inleiding

Afvalwaterzuivering kan in principe op 2 verschillende manieren worden uitgevoerd: aerob en anaerob.

Bij aerobe zuivering wordt de natuurlijke zuivering, zoals die plaats vindt in sloten en rivieren, op kunstmatige wijze versneld door mechanisch lucht in het systeem te brengen. Er vindt daardoor afbraak plaats van verontreinigingen, waarbij als voornaamste eindproducten kooldioxide en water ontstaan en als nevenproduct slib.

Bij anaerobe zuivering wordt daarentegen zuurstoftoetreding vermeden. Onder invloed van enzymen en bacteriën worden de in het afvalwater aanwezige verontreinigingen afgebroken tot voornamelijk methaan en koolzuur en als nevenproduct slib. Anaerobe zuivering verloopt optimaal bij een temperatuur van ca. 35°C (mesofiele gebied), zodat de methode minder geschikt is voor koude gebieden i.v.m. de grote hoeveelheden energie die nodig zijn om het afvalwater zover op te warmen dat een redelijke zuiveringsgraad wordt verkregen. Voor tropische en subtropische gebieden geldt dit bezwaar niet of in mindere mate.

Verder biedt anaerobe zuivering een aantal duidelijke voordelen ten opzichte van aerobe zuivering:

1. lage kapitaalslasten in verhouding tot de conventionele geactiveerd slib installaties
2. geringere productie van gestabiliseerd surplus slib, dat gemakkelijk kan worden verwerkt door de goede ontwateringseigenschappen
3. geringere energiebehoefte: er wordt biogas gevormd, dat voor energieopwekking kan worden gebruikt.

Nadelen zijn:

1. langzame start van het proces (4-10 weken) hetgeen echter eenmalig is
2. hoge afvalwater temperatuur ( $> 20^{\circ}\text{C}$ ) is gewenst (voor tropische en subtropische gebieden vervalt dit punt als nadeel)
3. de zuiveringsgraad bedraagt 50-90%, afhankelijk van procescondities en de eigenschappen van het afvalwater. Anaerobe zuivering dient dan ook gezien te worden als een voorgaande vorm van voorzuivering.

Voor de ontwikkelingslanden zijn de genoemde voordelen als lage kapitaalslasten en vorming van biogas (energiebron) twee belangrijke argumenten, die pleiten voor het gebruik van deze technologie.

Het nadeel van de beperkte mate van zuivering (50-90%) weegt hier niet tegen op, speciaal in die situaties waarbij het afvalwater totaal ongezuiverd geloosd wordt of daar waar aerobe zuivering financieel geen haalbare zaak is. Verwacht wordt dat t.b.v. de nazuivering van het anaerob gezuiverde afvalwater eenvoudige en goedkope methoden kunnen worden ontwikkeld. Dit laatste valt echter buiten het kader van dit projectvoorstel.

## II. Doelstelling

Het project heeft tot doel om:

- a. op semi-technische schaal (ca. 500 inwoner equivalenten) het anaerobe zuiveringsproces van huishoudelijk afvalwater te testen onder tropische klimaatomstandigheden en de relatie vast te leggen tussen de diverse procesparameters, zoals belasting, verblijftijd, zuiveringsgraad, energieverbruik en gasproductie;
- b. te komen tot ontwerpcriteria voor een full-scale installatie voor grotere woonkernen (ca. 10.000-20.000 inwoner equivalenten) onder overeenkomstige omstandigheden;
- c. de technische en financiële feasibility te bepalen van een zuiveringsinstallatie, bestaande uit een anaerobe reactor al dan niet met nazuiveringsfaciliteiten, voor huishoudelijk afvalwater van grotere woonkernen (ca. 10.000-20.000 inwoner equivalenten) onder tropische omstandigheden. Dit systeem dient vergeleken te worden met een traditionele installatie van dezelfde capaciteit.
- d. een sociaal-economische evaluatie te geven van de toepassingsmogelijkheden in Colombia en criteria vast te stellen voor de beoordeling van toepasbaarheid in andere ontwikkelingslanden.

### III Programma van onderzoek

- A. Teneinde het eerste deel van de doelstellingen te realiseren is in overleg met de LH Wageningen het volgende programma opgesteld:
1. De selectie van geschikt entmateriaal, uittesten op lab. schaal (maand 0-1,5)
  2. Het opstarten van de reaktor met bij voorkeur uitgesteerd rioolslib (start: maand 1-1,5)
  3. De bestudering van belastingverhoging (start: maand 2-3)  
Het volgen van: CZV reductie (opgelost/totaal)  
BZV reductie (opgelost/totaal)  
slibuitspoeling  
Vaststellen van minimale vloeistofverblijftijden en verblijftijdspreiding
  4. Bestudering van effect van piekbelastingen:
    - hydraulisch (regenwateraanvoer)
    - organisch (variatie in vervuilingsgraad van het afvalwater)
    - effect op zuivering, gasproductie en slibuitspoeling (uitvoering: na ca. 8-10 maanden)
  5. - Vaststelling van het gedrag van het slibbed, t.w. expansie van het slibbed in relatie tot de toegepaste belastingen  
- Vaststellen van de slibretentie van de reaktor in relatie tot toegepaste belastingen. (DS-profiel metingen over de hoogte van de reaktor) (frequentie: regelmatig over gehele duur van het onderzoek)
  6. Onderzoek naar de werking van de drie fasen afscheiders.
    - DS-metingen over de hoogte van de bezinkruimte bij toepassing van verschillende belastingen
    - Vaststellen van het optreden van drijfslagen in de bezinkruimte of in de gasklok
  7. Onderzoek naar het optreden van kortsluit-stromingen in de reaktor:
    - bij verschillende belastingen
    - bij verminderd aantal invoerpunten (hierbij tevens het effect op de zuivering nagaan) (metingen bij diverse condities)
  8. Vaststellen van:
    - CH<sub>4</sub>-productie
    - gassamenstelling
    - slibproductieonder de diverse toegepaste condities
  9. Volgen van de conditie van het slib over de gehele duur van het onderzoek speciaal met betrekking tot:
    - de specifieke methanogene activiteit
    - bezinkingseigenschappen van het slib
    - mate van stabilisatie van het slib
  10. Nagaan van de hygiënische betrouwbaarheid van het effluent.

11. De effluent kwaliteit moet naast de normale parameters (CZV, BZV, SS) tevens regelmatig worden gecontroleerd op:

$\text{NH}_4^+$  en N

totaal N

$\text{PO}_4^{-3}$  en P

12. Tegen het einde van het project kan worden gezien in hoeverre industrieel afvalwater, bijvoorbeeld van de rietsuiker-industrie, zou kunnen worden bijgemengd ter

- verbetering van de gasproductie  
- optimalisatie van CZV:N:P verhouding

13. Op laboratorium of kleine semi-technische schaal kan evt. nog worden bekeken op welke wijzen een eenvoudige en goedkope nazuivering mogelijk is.

CZV= chemisch zuurstof verbruik

BZV= biologisch zuurstof verbruik

SS = suspended solids

DS = droge stof

- B. De realisatie van het tweede en derde deel van de doelstelling, n.l. het opstellen van ontwerp criteria en het bepalen aan de technische en financiële feasibility zal plaatsvinden op basis van de resultaten van de proefnemingen en de actuele gegevens over bouwkosten en prijzen van apparatuur in Colombia.

1. Het opstellen van de ontwerp criteria zal het resultaat zijn van het overleg dienaangaande tussen de bij het bedrijven van de proefinstallatie betrokken instellingen, n.l. Haskoning, Landbouwhogeschool, Universidad del Valle en Incol. Het zwaartepunt van deze activiteiten zal worden gevormd door de inbreng van Haskoning en de Landbouwhogeschool.

2. De technische feasibility van een full-scale installatie zal volgen uit een volledig ontwerp van een dergelijke installatie conform de vastgestelde criteria voor het procesgedeelte en de overige benodigde bouwkundige, mechanische/electrische voorzieningen en randapparatuur.

De financiële feasibility volgt uit een korte vergelijking van het hierbovengenoemde ontwerp met een vergelijkbare oxydatief-biologische installatie. De kostenvergelijking zal zowel nader ingaan op de investerings- als op de exploitatiekosten.

Het zwaartepunt van deze activiteiten zal liggen bij Haskoning en Incol.

- C. In de sociaal-economische evaluatie zal aandacht worden besteed aan de volgende onderwerpen:

- sociale aanvaardbaarheid en appreciatie



- bediening en onderhoud van de installatie en vereist opleidingsniveau
- beschikbaarheid personeel
- mogelijkheden van toepassing elders in Colombia bij gebleken geschiktheid van het systeem
- vaststellen van criteria voor toepasbaarheid in andere ontwikkelingslanden
- dekking exploitatielasten

#### Verspreiding resultaten in Colombia

Door de Universidad del Valle zal binnen het project een voorstel worden uitgewerkt voor een adequate verspreiding van de onderzoek resultaten in Colombia (seminar, workshop, publicaties, persberichten etc.). Door resultaten van het totale project zullen in de vorm van een rapportage in de spaanse taal tevens in 10-voud worden ingediend bij DGIS.

#### Verspreiding buiten Colombia

De mogelijkheid tot verdere verspreiding buiten Colombia zal afhangen van de resultaten van het totale project. Indien het project hiertoe aanleiding geeft zal in een volgende fase hiertoe een voorstel moeten worden uitgewerkt.

#### IV Partijen, taakverdeling en personeelsbezetting

1. Haskoning, waaraan de volgende taken zijn toebedeeld:
  - voorbereiden en starten van het project.  
Dit houdt in: het verzorgen van het projectvoorstel en het contract met de Universidad del Valle (U.d.V.)
  - het gereedmaken van een gedetailleerd technisch ontwerp van de installatie
  - initiëren en controleren van de bouw van de installatie in samenwerking met Incol
  - verzorgen van de inrichting van het ter plaatse aanwezige laboratorium
  - starten van de zuivering, in samenwerking met de milieu-ingenieur (LH)
  - begeleiding en sturing van de milieu-ingenieur tijdens het onderzoek
  - eindrapportage (in samenwerking met milieu-ingenieur LH).
  - bepalen technische en financiële feasibility van een full-scale installatie op basis van de benodigde definitieve ontwerpen.
  
2. Landbouw Hogeschool (LH) met de volgende inbreng:
  - leveren van specialistische kennis op het gebied van anaerobe zuivering
  - verrichten van het eigenlijke onderzoek specialist in anaerobe zuivering gedurende minimaal 1 jaar
  - verzorgen van de opleiding van de Colombiaanse ingenieur in Nederland.
  
3. Universidad del Valle (UdV). De UdV verleent een aantal faciliteiten:
  - zij stelt een plaats op het universiteitsterrein ter beschikking t.b.v. de bouw van de installatie
  - zij bouwt voor haar rekening een rioolput met aansluitmogelijkheden
  - zij verzorgt de aanleg van de pijpleiding van de put naar de bouwplaats (ca. 500 m)
  - zij stelt een laboratorium naast de bouwplaats ter beschikking, waarin de reeds aanwezige apparatuur gebruikt kan worden t.b.v. het onderzoek naar de werking van de anaerobe reactor
  - zij stelt een analist ter beschikking voor ca. 2 uur per dag
  - zij verzorgt en bekostigt de bewaking van de installatie (indien nodig)
  - de Technische Dienst (TD) verzorgt het onderhoud en evt. de bouw van het werktuigbouwkundig deel van de installatie
  - de TD verzorgt evt. noodzakelijke aanpassingen aan de reactor
  - zij stelt een ingenieur aan, die in Nederland wordt opgeleid om als counterpart te fungeren in Cali voor de Nederlandse milieu-ingenieur.
  - zij doet voorstellen en draagt zorg voor een adequate verspreiding van de resultaten van het onderzoek in

Colombia

4. INCOL heeft tot taak:

- selecteren van een aannemer die de bouw van de installatie kan verzorgen
- initiëren van en toezicht houden op de bouw
- medewerken aan de technische en financiële feasibility studie.

Het doel van het inschakelen van INCOL is dat zij ervaring opdoen met de bouw van anaerobe installaties, zodat zij in de toekomst zelf in staat zullen zijn om de bouw van deze installaties te initiëren en te begeleiden.

Personeelsbezetting

De medewerkers aan het project zijn:

HASKONING B.V.	projectleider werktuigbouwkundig ingenieur civiel ingenieur technoloog bouwkundig tekenaar
Landbouw Hogeschool	specialist anaerobe zuivering  ingenieur voor de begeleiding van de colombiaanse ingenieur in Nederland  ingenieur t.b.v. het uitvoeren van het onderzoekprogramma aan de anaerobe reactor in Cali
Universidad del Valle	ingenieur, die als counterpart een opleiding krijgt in Nederland en daarna i.s.m. de LH-ingenieur in Cali het proefproject verzorgt.  Technisch personeel technische dienst.  Laboratoria personeel
Incol	civiel ingenieur sanitary engineer

## VI Proefinstallatie en laboratoriumapparatuur

De proefinstallatie bestaat uit de volgende onderdelen:

- 1) pomp met een capaciteit tot 10 m<sup>3</sup>/uur voor het transport en omhoog pompen van afvalwater in de upflow reactor
- 2) Vuilvernijder ter voorkoming van verstoppingen in de toevoerleidingen van de reactor en oppervlaktevergroting van vast vuil in het afvalwater
- 3) zandvangter ter voorkoming van accumulatie van inert materiaal onderin de reactor
- 4) anaerobe reactor met ingebouwde<sub>3</sub> gas/vloeistof/vaste stofscheider met een volume van 60 m<sup>3</sup>
- 5) gashouder voor de opvang van het geproduceerde biogas
- 6) bemonsteringsapparatuur voor continue bemonstering van influent en effluent
- 7) meetapparatuur voor de meting van de doorgevoerde hoeveelheid afvalwater.

Teneinde het proces te controleren en te sturen zullen de volgende fysische en chemische analyses van influent, effluent en de reactorinhoud worden uitgevoerd:

### Uit te voeren analyses

### Benodigde apparatuur

- |   |  |
|---|--|
| 1. CZV<br>bij voorkeur micromethode                                     | meerpunts branders<br>kolom terugvloei-<br>koe-<br>lers                                    |
| 2. BZV  | titratie apparatuur<br>20°C-stoof, BZV-fles-<br>jes  |
| 3. Droge-stof gehalte   | titratie apparatuur<br>balans (analytische)<br>droogstof<br>vacuum pomp                    |
| 4. As gehalte   | lab.centrifuge<br>balans (analytische)<br>oven (800°C)<br>porceleinen schaal-<br>tjes e.d. |
| 5. Gasanalyse   | gaschromatograaf met<br>kolom  |
| 6. Gasproductie   | gasmeter   |
| 7. Vetzuur analyse<br>afzonderlijk + totaal<br>(bicarbonaat alkaliteit) | gaschromatograaf<br>titratie opstelling<br>branders  |
| 8. pH   | terugvloei-<br>koe-<br>ler<br>pH-meter/millivolt-<br>meters                                |
| 9. Temperatuur  | thermokoppels +<br>recorder<br>thermometers  |
| 10. tracermetingen (Li) i.v.m. meting<br>van verblijftijdsspreiding     | vlam-fotometer   |

11. Bezinkeigenschappen	Imhoffglazen
12. $\text{NH}_4^+$ -bepaling	maatcilinders
	destillatierok
	titratie apparatuur
13. Org. N. bepaling	spectro-fotometer
	destructie apparatuur
14. $\text{PO}_4^{3-}$ -bepaling	spectro-fotometer
15. Activiteitsmetingen	spectro-fotometer
van slib	6 batch gistings-
	installaties
	6 bovenroerders
	tijdschakelaar
	thermostaat

Een gedeelte van de benodigde laboratorium apparatuur is reeds aanwezig.

Een deel van de apparatuur zal moeten worden aangekocht. In de begroting is hiervoor een stelpost opgenomen.

ANNEX 1.2. PROJECT PROPOSAL IN SPANISH TRANSLATION

I. INTRODUCCION

En general el tratamiento de los desechos líquidos puede ser hecho por la aplicación de diferentes procesos, por ejemplo: Procesos aeróbicos, procesos anaeróbicos, procesos físico-químicos.

De hecho el tratamiento aeróbico es una aceleración artificial del proceso natural de purificación que ocurre en los lagos, ríos, etc. Esta degradación con aire, resulta en la producción final de dióxido de carbono ( $CO_2$ ), agua y lodos.

En un sistema anaeróbico, se impide la presencia de aire, con el resultado de tener metano ( $CH_4$ ), agua y lodos como producto final del metabolismo bacteriano.

Un sistema anaeróbico funciona óptimamente en un rango mesofílico ( $\approx 35^\circ C$ ). Este sistema es entonces poco aplicable en climas fríos por la necesidad de energía para calentar el desecho tal que se puedan obtener las remociones deseadas del desecho.

Para condiciones tropicales y subtropicales esta restricción no es necesariamente válida.

De hecho, los sistemas anaeróbicos tienen una serie de ventajas sobre los sistemas aeróbicos:

- Costos bajos de inversión comparados con procesos convencionales de lodos activados.
- Una producción más baja de lodos estabilizados, los

cuales pueden ser secados mucho más fácil.

- La eficiencia del sistema puede estar entre un 50 - 90% dependiendo de las condiciones del proceso y de las características del desecho.

Se puede decir que un tratamiento anaeróbico puede aproximarse a un pretratamiento extensivo.

Para países en desarrollo las ventajas descritas anteriormente (especialmente en cuanto a costos y consumo de energía), así como la producción de biogas son argumentos importantes para la aplicación de esta tecnología.

La desventaja de la limitada eficiencia del tratamiento es a menudo menos importante, especialmente en aquellas situaciones donde existe una falta de dinero para implementar sistemas aeróbicos o también en aquellos casos donde las aguas residuales son descargadas a las fuentes receptoras sin ningún tratamiento.

A partir del sistema anaeróbico, los tratamientos aeróbicos que se requieran serán fáciles y baratos.

## II. OBJETIVOS

Para la planta a desarrollarse en Cali, se tendrán los siguientes objetivos:

- Ensayo en una escala semi-técnica (500 habitantes equivalentes) de un proceso de tratamiento anaeróbico (en condiciones tropicales) de un desecho doméstico con determinación de los parámetros característicos tales como carga hidráulica y orgánica;

tiempo de retención, eficiencia del tratamiento, consumo de energía, y producción de gas.

- Determinación de criterios de diseño para plantas reales con capacidad para 10000-20000 habitantes bajo condiciones comparables.
  
- Establecimiento de posibilidades técnicas y económicas de una planta de tratamiento, consistente de un bio-reactor anaeróbico (capacidad 10000-20000 habitantes equivalentes) con o sin tratamiento secundario para desechos domésticos en condiciones subtropicales.

Esta planta se podría comparar con una planta convencional de las mismas condiciones.

- Evaluación socio-económicas de las posibilidades de aplicación de éste sistema en Colombia y determinación de los criterios necesarios para la introducción del mismo tratamiento en otros países tropicales.

### III. PROGRAMA DE INVESTIGACION

Para la realización de los objetivos propuestos el siguiente programa de investigación se propone:

1. Selección de material de semilla a escala de laboratorio para determinar el procedimiento de arranque (0-1.5 meses)
  
2. Arranque del bio-reactor preferencialmente con lodos digeridos (1-1.5 meses).



3. Estudio de los efectos de incremento de las cargas (2-3 meses) en:

3.1 Reducción de la DQO (disuelta/total)

3.2 Reducción de la DBO (disuelta/total).

Se estudiará también los tiempos mínimos de retención y el punto de falla para cada tiempo de retención.

4. Estudio de los efectos de las cargas picos.

4.1 Hidráulico para periodos de invierno

4.2 Orgánico para variaciones de la carga (8-10meses).

5. Determinación del manto de lodos en el reactor. Expansión del manto de lodos en relación con la variación de la carga.

6. Investigación del comportamiento de las 3 fases del sistema (líquido, lodos, gas)

6.1 Periodos de verano medido sobre la altura del área de sedimentación como una función de las diferentes cargas.

6.2 Determinación de la aparición de capas flotantes en el área de sedimentación en los recipientes de gas.

7. Investigación de cortos circuitos hidráulicos en el bio-reactor .

7.1 Cambiando las cargas

7.2 Decreciendo el número de puntos de carga del desecho.

8. Determinación bajo diferentes condiciones de:

- 8.1 Producción de gas
- 8.2 Composición del gas
- 8.3 Producción de lodos.

9. Estudio del comportamiento de los lodos durante el período de investigación con énfasis en:

- 9.1 Actividad metanogénica específica
- 9.2 Características de sedimentación de los lodos.
- 9.3 Manera de estabilizar los lodos .

10. Investigación de las condiciones microbiológicas de los lodos.

11. Determinación regular de los siguientes parámetros:

- i) DQO
- ii) DBO
- iii) Sólidos suspendidos
- iv)  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{N}_2$
- v) Nitrógeno por Kjeldahl
- vi)  $\text{PO}_4^{-3}$  y P

12. Al final del período de investigación existe la posibilidad de usar un desecho combinado: doméstico y desecho de la caña para:

- 12.1 Mejorar la producción de gas
- 12.2 Optimizar la relación DQO: N: P

13. La posibilidad de un tratamiento secundario se investigará a nivel de laboratorio en una escala semi-piloto.

## CRITERIOS DE DISEÑO PARA POSIBILIDADES TECNICAS

Utilizando los resultados de la planta piloto se obtendrán criterios de diseño a escala municipal.

### IV. POSIBILIDAD TECNICA Y FINANCIERA

Un diseño completo será hecho utilizando los criterios de diseño obtenidos a partir del proceso. Este diseño incluirá los trabajos civiles, eléctricos y mecánicos.

La posibilidad financiera se desprenderá a partir de la comparación de diseño descrito anteriormente y una planta aeróbica similar. La comparación se basará en los costos de inversiones y operación y mantenimiento anual.

### V. EVALUACION SOCIO-ECONOMICA

Se prestará atención a los siguientes factores:

1. Aceptabilidad social y este tipo de planta
2. Aspectos operacionales y de mantenimiento y nivel requerido de educación del operador
3. Disponibilidad de personal
4. Posibilidad de aplicación en pequeños municipios colombianos si el ensayo tiene éxito .
5. Desarrollo de criterios para aplicación en otros países en desarrollo.
6. Costos de implementación.

### VI. PLANEACION

Es importante que el proyecto comience lo más rápida-

mente posible.

## VII RESTRICCIONES

1. Determinación del sitio de la planta
2. Construcción del sistema de bombeo por UNIVALLE
3. Construcción del bio-reactor.

La duración del proyecto será de unos 20 meses a partir de la construcción de la planta.

ANNEX 1.3.CONTRACT HASKONING - DGIS

Overeenkomst

DE STAAT DER NEDERLANDEN, ten deze rechtsgeldig vertegenwoordigd door de het Hoofd van de Afdeling Internationaal Onderwijs en Onderzoek van het Ministerie van Buitenlandse Zaken, Drs.W.R.Verhoeven, hierna te noemen "de Staat", enerzijds,

en

HASKONING B.V. RAADGEVENDE INGENIEURS EN ARCHITECTEN, gevestigd en kantoorhoudende te Nijmegen, krachtens haar statuten ten deze rechtsgeldig vertegenwoordigd door ~~Robert van der Kooij~~ Ir. A.P.A.M. van Deurzen hierna te noemen Haskoning anderzijds;

IN AANMERKING NEMENDE:

dat de Nederlandse Minister voor Ontwikkelingssamenwerking heeft besloten tot uitvoering van het onderzoeksproject " anearobe zuivering van huishoudelijk afvalwater t.b.v. ontwikkelingslanden" hierna te noemen "het project";

dat Haskoning in samenwerking met de Landbouw Hogeschool te Wageningen zich bereid heeft verklaard om de uitvoering van de Nederlandse bijdrage aan het project op zich te nemen;

dat de wijze van uitvoering van het project is uitgewerkt in een aan beide partijen genoegzaam bekend zijnd projectvoorstel, van december 1981, 2820 11/2k;

dat Haskoning ter uitvoering van het project een overeenkomst zal sluiten met de Universiteit del Valle, Facultad de Ingenieria, Cali, Colombia;

dat partijen de wens te kennen hebben gegeven thans hun onderlinge verhouding te regelen onder vaststelling van de voorwaarden als hieronder omschreven.

KOMEN HET NAVOLGENDE OVEREEN:

Artikel I

(Delegatie en taken)

1. De Staat draagt aan Haskoning op, welke opdracht door Haskoning wordt aanvaard, om alle werkzaamheden uit te voeren die behoren tot de Nederlandse bijdrage tot het project en die staan omschreven in het werkplan, december 1981, 2820 11/2k.
2. Door aanvaarding van de opdracht is Haskoning jegens de Staat verantwoordelijk geworden voor de uitvoering van de taken, die aan Haskoning zijn of zullen worden opgedragen.

Artikel II

(Werkplan, tijdschema en begroting)

1. Bij de uitvoering van de opgedragen taak zal Haskoning zich houden aan het tijdschema en de begroting, die onderdelen uitmaken van het werkplan.
2. De duur van het project zal zijn 2 jaar, te rekenen vanaf 1 april 1982. De voorbereiding van het project wordt geacht te zijn aangevangen op 1 september 1981.

Artikel III

(Honorering)

1. De Staat zal aan Haskoning bij een juiste uitvoering van de taken als bedoeld in artikel I en op de wijze als bedoeld in artikel IV van deze overeenkomst de door Haskoning in rekening gebrachte bedragen betalen, zulks tot het maximum van de begroting ad f 1.145.000,-- waarin de kosten gemaakt voor de voorbereiding zijn begrepen.
2. In het geval Haskoning zich slechts gedeeltelijk van de aan haar opgedragen taak heeft kunnen kwijten zal betaling van het voltooide gedeelte daarvan door de Staat geschieden naar rato en in billijkheid vastgesteld.

ggkd.

3. Indien zich tijdens de uitvoering van het project zeer bijzondere omstandigheden voordoen welke naar het oordeel van Haskoning tot overschrijding van het in het eerste lid van dit artikel genoemde budget kunnen leiden, zal Haskoning de Staat daar zo spoedig mogelijk doch uiterlijk binnen twee maanden nadat deze bijzondere omstandigheden zich voordoen o.q. hebben voorgedaan van in kennis stellen, alsmede terzake voorstellen doen.
4. De Staat zal Haskoning zo spoedig mogelijk van zijn beslissingen op die voorstellen op de hoogte houden.
5. Indien de tijdige in kennisstelling, als bedoeld in het derde lid van dit artikel, door Haskoning niet geschiedt, behoudt de Staat zich het recht voor de kosten van de overschrijding niet te honoreren.

Artikel IV  
(Betaalbaarstelling)

1. Haskoning zal bij de Staat iedere drie maanden een declaratie indienen betreffende de werkelijk gemaakte kosten. Na goedkeuring daarvan door de Staat vinden de betalingen plaats.
2. Bij of zo spoedig mogelijk na inwerking treding van deze overeenkomst conform artikel XV, eerste lid, zal de Staat aan Haskoning een werkvoorschot uitkeren van f 100.000,— Dit voorschot zal worden verrekend met de einddeclaratie.
3. Zo spoedig mogelijk na goedkeuring door de Staat van zowel de einddeclaratie als de slotrapportage betreffende het project, als bedoeld in artikel X zal de Staat met inachtneming van het bepaalde in artikel III aan Haskoning het totaalbedrag van de ingediende declaraties betalen, zulks onder aftrek van de op basis van de driemaandelijke declaraties gedane betalingen en het werkvoorschot.

ggkd.

1

Artikel V  
(Deskundigen)

1. De voor uitzending naar Colombia in aanmerking komende leden van het team worden door Haskoning geselecteerd in overleg met de Staat. Haskoning zal de Staat regelmatig op de hoogte houden van de in Colombia werkzaam zijnde deskundigen, de tijd van hun vertrek en terugkomst, en van eventuele mutaties. De Staat behoudt zich het recht voor zijn goedkeuring te onthouden aan de uitzending van bepaalde deskundigen.
2. De uit te zenden deskundigen treden niet in dienst van de Staat, zodat zij niet geacht worden voor hun diensten te worden beloond ten laste van de openbare middelen.
3. De door Haskoning uitgezonden deskundigen zijn, voor wat betreft de hun opgedragen taken, verantwoordelijk jegens Haskoning. Haskoning zal de deskundigen instrueren, dat die deskundigen onverminderd hun eigen verantwoordelijkheid jegens Haskoning voor de uitvoering van hun taak tijdens hun verblijf in Colombia onder toezicht en verantwoordelijkheid van de Nederlandse Ambassadeur te Bogota staan, en dat zij, in het bijzonder voor wat betreft de verhouding met de Colombiaanse autoriteiten, aan diens aanwijzingen gehouden zijn.
4. In geval van een ernstige ziekte of ongeval een deskundige of een zijner familieleden overkomen tijdens het verblijf in Colombia de evacuatie van betrokkene naar Nederland noodzakelijk makend, zullen partijen bij deze overeenkomst met elkaar in nader overleg treden over de financiële gevolgen daarvan. De Staat is evenwel nimmer gehouden om op grond van deze overeenkomst enige uitbetaling te doen uit hoofde van gedeeltelijke of algehele, tijdelijk of blijvende arbeidsongeschiktheid van betrokkene, noch tot het doen van een vergoeding voor gemis aan inkomsten of voor gemaakte medische kosten, noch tot het doen van een vergoeding, in geval van overlijden, van weduwen- en/of wezenpensioen.



Artikel VI  
(Inspectie)

De Staat behoudt zich het recht voor om een onderzoek in te stellen met betrekking tot het project. Door Haskoning zal aan de door de Staat aan te wijzen functionaris(sen) alle medewerking worden verleend, toegang tot gebouwen en terreinen worden verschaft, en vrije inzage in de op het project betrekking hebbende stukken.

Artikel VII  
(Intrekking opdracht)

De Staat behoudt zich het recht voor om de bij artikel I van deze overeenkomst verleende opdracht te allen tijde in te trekken indien daartoe omstandigheden in Colombia aanleiding geven, dan wel indien naar het oordeel van de Staat de voorkeur gegeven moet worden de uitvoering van het project op een andere wijze tot stand te brengen. De Staat is niet gehouden Haskoning op enige wijze schadeloos te stellen voor de intrekking van de opdracht. Tussen de Staat en Haskoning zal alsdan afrekening plaatsvinden van de door Haskoning terzake van de uitvoering van de onderhavige opdracht gemaakte kosten en de voor de toekomst in redelijkheid aangegane verplichtingen ten behoeve van het project.

Artikel VIII  
(Wanprestatie)

In geval Haskoning danwel onder verantwoordelijkheid van Haskoning werkzame deskundigen, in gebreke blijft zich naar behoren te kwijten van de bij artikel I van deze overeenkomst bedoelde taken is de Staat gerechtigd te allen tijde de door Haskoning uit te voeren werkzaamheden te schorsen of - onder ontbinding van deze overeenkomst zonder tussenkomst van de rechter door het enkele feit van de wanprestatie aan de zijde van Haskoning - te staken, onder gelijktijdige opschorting of staking door de Staat van op grond van deze overeenkomst aan Haskoning verschuldigde betalingen.

Indien partijen naar aanleiding van het voorgaande, hetzij ten aanzien van verdere uitvoering van de aan Haskoning opgedragen taken, hetzij ten aanzien van de financiële gevolgen bij staking der werkzaamheden, in der minne geen oplossing vinden, is er sprake van een geschil, dat zal worden beslecht op de wijze als bepaald in artikel XIII van deze overeenkomst.

Artikel IX  
(Vrijwaring)

De Staat vrijwaart Haskoning en de door Haskoning uitgezonden deskundigen tijdens hun verblijf in Colombia tegen elke eis tot schadevergoeding van wie of welke rechtspersoon ook, ingediend op grond van handelingen verricht in de rechtmatige uitoefening der werkzaamheden aan het project, indien en voorzover althans vergoeding van de schade niet door verzekering wordt gedekt.

De Staat kan niet aansprakelijk worden gesteld voor de gevolgen van enig handelen of nalaten door opzet of grove schuld aan de zijde van Haskoning of de door Haskoning uitgezonden deskundigen, tijdens de uitoefening van de werkzaamheden in Colombia .

Artikel X  
(Rapportage)

1. Haskoning zal zorgdragen voor een halfjaarlijkse rapportage.
2. Tevens zal Haskoning zorgdragen voor een "Inception report", twee maanden na aanvang van het project.
3. Haskoning zal daarenboven telkens wanneer haar bevindingen daartoe aanleiding geven een kort verslag uitbrengen aan de Staat met zonnodig aanbevelingen betreffende enig onderdeel van het project.
4. Na vaststelling en goedkeuring van het eindrapport door de Staat zal Haskoning voor 20 exemplaren van dit verslag zorgdragen waarvan 10 exemplaren in de Spaanse en 10 exemplaren in de Engelse taal.

#### Artikel XI

(Rechten op rapporten e.d.)

1. Alle rechten op rapporten, daaronder begrepen het eindrapport genoemd in artikel X alsmede alle relevante gegevens zoals kaarten diagrammen, ontwerpen, tekeningen, modellen, statistieken alsmede het basismateriaal hiervoor vervaardigd krachtens de onderhavige opdracht, behoren aan de Staat.
2. Alle gegevens bedoeld in het vorige lid van dit artikel zullen, behoorlijk geordend en van een index voorzien, door Haskoning worden bewaard. Zij staan te allen tijde ter vrije beschikking van de Staat.
3. Indien Haskoning van plan is deze gegevens te gebruiken voor andere doeleinden dan betrekking hebbende op het project, geeft zij daarvan kennis aan de Staat onder vermelding van de aard en de omvang van het voorgenomen gebruik.  
De Staat heeft het recht zijn instemming tot een zodanig gebruik van deze gegevens door Haskoning aan deze te onthouden.

#### Artikel XII

1. Van de begeleiding van het project zal een adviesgroep ingesteld worden.
2. De samenstelling van deze adviesgroep zal zo spoedig mogelijk bekend gemaakt worden.

#### Artikel XIII

(Geschillen)

Alle geschillen welke mochten ontstaan met betrekking tot de interpretatie of uitvoering van de onderhavige overeenkomst, danwel van nadere overeenkomsten die daarvan het gevolg mochten zijn, en welke niet in der minne kunnen worden opgelost, zullen worden beslecht door arbitrage conform het Reglement van het Nedrelandse Arbitrage Instituut.

1  
2

Artikel XIV  
(Evaluatie)

Haskoning zal zijn medewerking verlenen aan een evaluatie, die tijdens de eindfase van het project zal worden gehouden in overleg met de Staat.

Artikel XV  
(Slotbepalingen)

1. Deze overeenkomst wordt van kracht op de dag van haar ondertekening zulks met terugwerkende kracht tot 1 april 1982.
2. Behoudens het geval als voorzien in artikel VII en VIII loopt deze overeenkomst van rechtswege af op de datum, waarop volgens het tijdschema de aan Haskoning opgedragen taken als beeindigd kunnen worden beschouwd en alle betalingen zijn verricht.
3. Deze overeenkomst wordt beheerst door Nederlands recht.

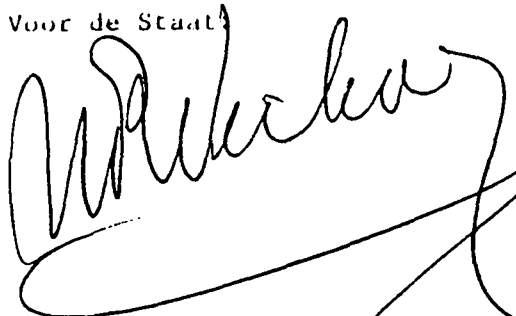
Aldus overeengekomen en in tweevoud getekend te 's-Gravenhage

op 15 april 1982

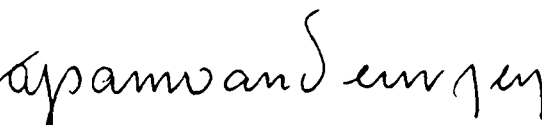
en te Nijmegen

op 11 juni 1982

Voor de Staat



Voor Haskoning :



(Ir. A.P.A.M. van Deurzen  
Directeur Buitenland)

CONTRATO REFERENTE A LA PRUEBA DEL PROCESO DE PURIFICACION ANAEROBICA DEL AGUA

-----  
1. El Sr. JAAP LOUWE KOOIJMANS  
representante legítimo de HASKONING B.V. Royal Dutch-----  
CONSULTING ENGINEERS AND ARCHITECTS, Nimega, Países Bajos,  
conforme a los estatutos de esta sociedad, llamada en ade  
lante "HASKONING".-----  
-----

2. Y el  
  
representante legítimo de la UNIVERSIDAD DEL VALLE, Cali,  
Colombia, conforme a los estatutos de la misma, llamada  
en adelante "LA UNIVERSIDAD".-----  
-----

CONSIDERANDO-----

Que el Ministro Holandés de Colaboración para el Desarrollo  
ha decidido financiar un proyecto de investigación sobre la  
"purificación anaeróbica de las aguas residuales para países  
en camino de desarrollo" llamado en adelante "el proyecto"  
-----

que este proyecto se llevará a cabo en Colombia, conforme a  
la propuesta de proyecto de Diciembre 1981, 2820, 11/2k;---

-----  
que su ejecución estará a cargo de Haskoning en colaboración  
con la Escuela Superior de Agronomía de Wageningen y el Depar  
tamento de Procesos Químicos y Biológicos de la División de  
Ingeniería de la Universidad del Valle; que una adecuada coo-  
peración entre Haskoning y la Universidad es necesaria para  
una buena ejecución del proyecto;-----  
-----

que los contratantes, a favor de esta cooperación y de esta  
ejecución colectiva del proyecto, convienen en lo siguiente:  
-----

-----Artículo I-----

----- (Finalidad del proyecto) -----

El proyecto tiene como finalidad:-----

- realizar pruebas del proceso de purificación anaeróbica de aguas residuales, a escala semi-técnica (aprox. 500 habitantes equivalente y en condiciones climáticas tropicales, y establecer la relación entre los diversos parámetros del proceso, tales como carga, tiempo de permanencia, grado de purificación, consumo de energía y producción de gas;-----
  - Alcanzar criterios de planeamiento para una instalación a gran escala destinada a núcleos habitacionales mayores---- (aprox. 10.000 - 20.000 habitantes equivalentes) bajo circunstancias similares.-----
  - determinar la viabilidad técnica y financiera de una planta purificadora, compuesta de un reactor anaeróbico con instalaciones postpurificadoras o sin ellas, para aguas residuales domésticas en núcleos habitacionales mayores---- (aprox. 10.000 - 20.000 habitantes equivalentes) bajo condiciones climáticas tropicales,-----  
Este sistema debe ser comparado con una instalación tradicional de la misma capacidad; hidráulica y de carga orgánica-----
- El proyecto se describe en detalle en Anexo I.-----

----- Artículo II-----

----- (Colaboración)-----

1. Haskoning y la Universidad realizarán el proyecto en forma conjunta,-----
2. Haskoning llevará a cabo todas las actividades relacionadas con la contribución holandesa al proyecto, conforme a un convenio celebrado entre Haskoning y el Estado Holandés para este fin.-----

----- Artículo III-----  
----- (Obligación de Haskoning)-----

1. Conducción de las aguas residuales-----

Haskoning pondrá a disposición una bomba de conducción---  
del tipo a determinar más adelante, con una capacidad de  
0-10 m<sup>3</sup>/ h para la conducción de las aguas residuales ---  
hasta la planta de prueba-----

2. Construcción de la planta de prueba-----

Haskoning se ocupará de la realización de una descripción  
de la planta de prueba en inglés y español, con sus corres  
pondientes dibujos, detallada de tal manera que un contra  
tista local pueda llevar a cabo los trabajos de construc  
ción de la planta de prueba a escala semi-técnica.-----  
La licitación será dirigida por Incol, el socio local de--  
Haskoning; se requerirá la aprobación de Haskoning para el  
modo de llevar a cabo la licitación, así como para la cons  
trucción y el valor de la suma por la que se contrate.----  
Incol inspeccionará las tareas de construcción de la plan  
ta.-----

3. Parte mecánica/eléctrica de la planta de prueba.-----

Haskoning elaborará una descripción de la parte mecánica/  
eléctrica de la planta de prueba, en inglés y español, con  
sus correspondientes dibujos, detallada de tal manera que  
un taller de construcción de la Universidad, o bien un ta  
ller local de construcción pueda construir las piezas y  
colocarlas en la obra.-----

En el caso en que la construcción se realice fuera del ta  
ller de la Universidad la licitación será dirigida por----  
Incol. En todos los casos Haskoning inspeccionará la cons  
trucción, compra y colocación de las piezas mecánicas y --  
eléctricas.-----

Se requerirá la aprobación de Haskoning para el modo de -  
realizar la licitación, para la construcción y el valor de  
suma por la que se contrate.-----

-----

4. Accesorios-----  
Las piezas y accesorios para la planta de prueba que no se puedan construir localmente serán compradas, transportados y colocados por Haskoning o por encargo de la misma.
5. Adaptaciones imprevistas-----  
Si durante el transcurso de la ejecución del proyecto, y a juicio de Haskoning, se constatará la necesidad de realizar adaptaciones imprevistas en la planta de prueba, las mismas serán entonces implementadas y adquiridas por Haskoning o por encargo de la misma, para ser construidas, consignadas e instaladas.-----
6. Laboratorio-----  
Si fuera necesario adquirir un equipo complementario para análisis de laboratorio, aparatos o material de vidrio y productos químicos específicos para su uso en la investigación, todo lo cual a determinar por Haskoning previa consulta con la Universidad, el mismo será adquirido por Haskoning o por encargo de la misma.-----
7. Operación de la planta-----  
Un colaborador de Haskoning controlará el funcionamiento de todos los aparatos de la planta, y pondrá la misma en funcionamiento injertando fango anaeróbicamente estabilizado proveniente de tanques sépticos existentes en Cali. Los gastos de transporte de este transporte de este fango corren por cuenta de Haskoning.-----  
Un profesor y/o técnico universitario especializado en la purificación anaeróbica de aguas residuales será puesto a disposición por Haskoning para la operación de la planta y la ejecución del programa de investigación, por un período mínimo de un año.=-----
8. Beca (Fellowship)-----  
Para una transferencia directa de tecnología, un asistente de la Universidad, a ser seleccionado por la Universidad en base a criterios académicos internos para comisiones de estudio en el exterior y con la aceptación de la



Universidad de Wageningen, entendiéndose que el entrenamiento será en inglés, tendrá la oportunidad de adquirir experiencia práctica por un período de 3 meses en el tratamiento anaeróbico de las aguas residuales y en la investigación especializada en este tema que lleva a cabo el Departamento de Purificación del Agua, de la Escuela Superior de Agronomía de Wageningen, Países Bajos.-----  
Los gastos de viaje y estadía corren por cuenta de Haskoning.-----

9. Difusión de los resultados de la investigación-----

Haskoning determinará, en consulta con la Universidad, cuales son los aspectos del plan elaborado por la Universidad para difundir los resultados de la investigación en Colombia, que entren en consideración para ser financiados.-----  
Haskoning y la Universidad acordarán luego sobre la manera en que se llevará a cabo esa financiación y sobre el monto máximo a financiar.-----

----- Artículo IV -----

----- (Obligaciones de la Universidad) -----

1. Pozo para la bomba y cañería de presión-----

El pozo necesario para la colocación de la bomba, así como colocación de un alambrado, deben ser realizados por la Universidad.-----  
Todas las actividades y provisiones para la realización de la cañería de presión están así mismo a cargo de la Universidad.-----

2. Sitio para la planta de prueba-----

La Universidad pondrá un sitio a disposición para la colocación de la planta de prueba. Este sitio debe estar lo más cerca posible del laboratorio para la investigación de aguas residuales existentes en la Universidad.-----

3. Personal-----

Un ingeniero ambiental colombiano graduado será incorporado por la Universidad durante el período de la investiga-

ción, para la dirección diaria de las actividades, así como para la asistencia en cuanto a la preparación y ejecución del programa de investigación. La Universidad deberá prestar la asistencia necesaria proveyendo personal técnico y auxiliar para realizar los análisis de laboratorio químicos y microbiológicos.-----

4. Laboratorio-----  
Los análisis necesarios para la investigación serán realizados en los laboratorios de la Universidad.-----  
La Universidad pondrá a disposición los equipos y aparatos existentes actualmente en su laboratorio normal de análisis del agua, de la Sección de Saneamiento Ambiental del Departamento de Procesos Químicos y Biológicos de la División de Ingeniería.-----
5. Taller de construcción-----  
De ser posible, las partes mecánicas y eléctricas de la planta de prueba serán realizadas en el taller de construcción de la Universidad, contra ajuste de costos.  
Esto se aplica tanto para la construcción inicial de la planta como para las modificaciones que pudieran ser necesarias en el transcurso de la investigación.-----
6. Mantenimiento y vigilancia-----  
El mantenimiento diario de la instalación es realizado por un asistente de la Universidad.-----  
Si fuera necesario vigilar las instalaciones, tanto el pozo para la bomba como la planta de prueba, esto estará a cargo de la Universidad.-----
7. Beca (Fellowship).-----  
La universidad designará un asistente quien colaborará durante un período de 3 meses en la Escuela Superior de Agronomía de Wageningen en un programa de investigación para la purificación anaeróbica de las aguas residuales. A su regreso en Colombia, éste asistente deberá:-----
  - a. Colaborar en la investigación en Cali-----
  - b. Ocuparse de una adecuada difusión de los resultados

de la investigación en Colombia.-----  
Los costos directos de salario para éste asistente de la  
Universidad seguirán corriendo por cuenta de la Universi  
dad.-----

8. Contratación de expertos holandeses -----

La Universidad tomará las medidas necesarias para que  
los expertos holandeses que estarán destacados en la Uni  
versidad por un período largo o corto, tengan acceso y  
derecho de uso de las instalaciones y facilidades que  
fueran necesarias para el ejercicio de sus tareas, den  
tro de las disposiciones vigentes, los costos derivados  
de estas nuevas actividades serán cargados al proyecto  
en la parte holandesa.-----

9. Difusión de los resultados-----

La Universidad es garante de una adecuada difusión de  
los resultados de la investigación en Colombia. Para  
esto se deberá confeccionar un plan dentro de los 6 me  
ses posteriores al comienzo de la investigación. El  
plan deberá ser discutido con Haskoning quien deberá tam  
bién aprobarlo. El plan deberá contener, como mínimo:--

- 1 Taller-----
- Jornadas de demostraciones -----
- Publicaciones en Colombia -----

La ejecución del plan deberá recaer en su mayor parte  
dentro del período de investigación.-----

10. Propiedad de la planta de prueba-----

Al finalizar la investigación los equipos suministrados,  
los materiales adquiridos y las instalaciones para la in  
vestigación cuya compra y colocación corrió a cuenta de  
Haskoning serán transferidas en propiedad a favor de la  
Universidad.-----

11. Oficina local de ingenieros -----

La Universidad deberá prestar su colaboración a la ofici  
na local de ingenieros, Incol, en todas las actividades  
que Incol deba realizar dentro del marco del proyecto de

investigación específicamente en cumplimiento de sus actividades de interventores de la construcción y no incluye la operación, mantenimiento y difusión de información.

-----  
----- Artículo V -----  
-----

----- (Derechos sobre patentes, etc.) -----

1. Ni Haskoning ni la Universidad harán valer ningún derecho de patente, etc.-----
2. Ambas partes se encargarán de que los resultados de la investigación lleguen a las autoridades holandesas y colombianas quienes han financiado la investigación.-----

-----  
----- Artículo VI -----  
-----

----- (Dirección del Proyecto) -----

1. Haskoning indicará un jefe de grupo el cual dirigirá la ejecución de la contribución holandesa al proyecto.-----
2. El jefe de grupo trabajará en estrecha colaboración con la Universidad en lo referente a todos los asuntos relacionados con la ejecución del proyecto.-----
3. La Universidad por su parte designará un jefe de grupo que dirigirá la ejecución de la contribución colombiana al proyecto.-----
4. Tanto el jefe de grupo holandés como el colombiano deberán presentar trimestralmente un informe de progreso así como un informe final referente a la ejecución del proyecto. Estos informes trimestrales y el informe final serán dirigidos a las autoridades holandesas y colombianas.-----

-----  
----- Artículo VII -----  
-----

----- (Evaluación) -----

Durante el transcurso de la fase final del proyecto, Haskoning y la Universidad prestarán su colaboración en una evaluación a ser realizada por las autoridades los Países Bajos y Colombia.-----

----- Artículo VIII -----  
----- (Divergencias) -----

Toda divergencia que pudiera surgir en relación con la interpretación o ejecución de éste contrato, la cual no pudiera ser resuelta amistosamente entre las partes contratantes, será sometida a consideración de las autoridades de los Países Bajos y Colombia, por medio de Haskoning y la Universidad.-----

----- Artículo IX -----  
----- (Comienzo y duración de la vigencia)-----

1. El presente contrato tendrá una vigencia de dos años, a partir del 1 de abril de 1982 tiempo durante el cual la información suministrada por la planta será accequible para los firmantes de este contrato.-----
2. El presente contrato entre en vigencia el día en que lo firmen las partes contratantes y bajo la condición de que el contrato celebrado entre Haskoning y el Estado Holandés, por el cual se ponen a disposición los fondos destinados a la ejecución del proyecto, ya haya entrado en vigencia.-----  
Si este último contrato se disolviera o finalizará por las razones que fueren, el presente contrato se considerará también como finalizado.-----
3. Este contrato es gobernado por la ley Colombiana.-----

---

Traducción exacta y completa de una fotocopia del original en lengua holandesa, lo cual certifico con mi firma en Nijmegen/Holanda, el día 5 de abril de 1982.-----

Call, Septiembre 10 de 1982

Por la UNIVERSIDAD DEL VALLE

Econ. ORLANDO MARQUEZ C.



Por HASKONING

Ingenieros y  
Arquitectos

Ing. JAAP LOUWE KOOIJMANS

## EMPRESAS MUNICIPALES DE CALI

CONVENIO REFERENTE A LA AMPLIACION DE LA INVESTIGACION DEL PROCESO  
DE PURIFICACION ANAEROBICA ENTRE HASKONING, COMO FIRMA REPRESENTANTE  
DEL GOBIERNO HOLANDES, EMCALI Y UNIVALLE.

El señor JAAP LOUWE KOOIJMANS, representante legitimo de HASKONING B.V. ROYAL DUTCH CONSULTING ENGINEERS AND ARCHITECTS, Nimega, Paises Bajos, conforme a los estatutos de esta sociedad, llamada en adelante "HASKONING", quien actúa como firma consultora representante legal del gobierno Holandes, el doctor FEDERICO O'BYRNE BARBERENA con cédula de ciudadanía # 6.048.249 expedida en Cali, quien obra en calidad de Gerente General de las Empresas Municipales de Cali, con base en la resolución 3420 de Junio 16/75 de la Junta Directiva de este establecimiento "Por la cual autoriza al Gerente General de EMCALI para suscribir Convenios con la Universidad del Valle", y que en adelante se denominará EMCALI y el doctor \_\_\_\_\_ con cédula de ciudadanía # \_\_\_\_\_ expedida en \_\_\_\_\_, quien obra en su caracter de rector de la Universidad del Valle, debidamente autorizado por el Consejo Directivo por Resolución 007 de Enero 16/75, actuando como representante de esa entidad, quien en adelante se denominará UNIVALLE, con base en el resultado de la favorable información obtenida en la operación del bioreactor anaeróbico localizado en terreno de la planta de bombeo de Cañaveralejo perteneciente a EMCALI han establecido un Convenio de intercambio de servicios teniendo presente:

- 1.- El Gobierno Holandes consideró una extensión del proyecto de investigación anaeróbica iniciado conjuntamente con la Universidad del Valle desde el mes de \_\_\_\_\_ del año de \_\_\_\_\_, el cual se vence en el mes de Diciembre de 1984, por tres meses a partir del 1º de Enero de 1985, para completar la investigación en: manejo de lodos y factibilidad técnica y económica de los post-tratamientos que utilizan actualmente el efluente del reactor UASB, así como la factibilidad del bioreactor para tratar desechos combinados (industriales - domésticos).
- 2.- Entre las Empresas Municipales de Cali - EMCALI y la Universidad del Valle, se firmó un Convenio de Intercambio de Servicios, con el objeto de colaborar en el desarrollo de la investigación para tratamiento de aguas residuales domésticas mediante el sistema anaeróbico UASB, construido en la planta de bombeo de Cañaveralejo de propiedad de EMCALI, y patrocinado por el gobierno holandés. El Convenio en mención fué firmado en el mes de Marzo de 1984 y tiene vigencia de dos (2) años a partir de su firma, lo cual quiere decir que en el momento de firma de éste, aún sigue vigente el primero.
- 3.- La Universidad del Valle - UNIVALLE, será responsable por la ejecución y mantenimiento de los post-tratamientos, así como del estudio de la calidad micro biológica de los lodos. También facilitará sus instalaciones y equipos necesarios para la determinación de actividad metánica de los lodos y en general para lo que esta extensión requiera.
- 4.- En el desarrollo de las actividades conjuntas a que se refiere este Convenio, se tendrá presente el Convenio firmado entre EMCALI y UNIVALLE que se mencionó en el ítem 2º y además se coordinarán entre HASKONING, UNIVALLE y EMCALI, las investigaciones anexas que se consideren de interés para las tres entidades.

INTERNATIONAL REFERENCE CENTRE  
WATER SUPPLY AND  
SANITATION

## EMPRESAS MUNICIPALES DE CALI

- 2 -

Con respecto a lo anterior, se convienen las siguientes cláusulas:

- 1.- Los objetivos de la extensión del proyecto por los meses Enero, Febrero y Marzo de 1985 son:
  - a.- Obtener mejor conocimiento de la tratabilidad de las aguas residuales combinadas (domésticas-industriales), teniendo presente el contenido inorgánico del agua residual afluyente.
  - b.- Obtener una mejor comprensión de los ritmos diurnos y nocturnos en la operación y eficiencia del proceso y diferentes alternativas de distribución del afluyente.
  - c.- Investigar los efectos de altas cargas orgánicas por largos períodos en la operación de la planta y de cambios bruscos de pH.
  - d.- Terminación de la investigación sobre post-tratamiento que ya ha sido iniciada.
  - e.- Investigar en detalle las características de la disposición final de los lodos en exceso, incluyendo la construcción de lechos de secado de arena en el sitio del reactor. Se investigará la tasa de deshidratación de los lodos, la necesidad de acondicionamiento químico de los lodos; composición física, química y bacteriológica de los lodos antes y después de secados. Cantidad de lodos producidos por habitante equivalente y efecto acumulativo de tóxicos en el lodo.
- 2.- Para lograr lo anterior, la participación de EMCALI, HASKONING y UNIVERSIDAD DEL VALLE se comprometen a lo siguiente:
  - a.- La planta piloto y los post-tratamientos no serán modificados en ninguna forma durante la extensión del proyecto, sin un previo acuerdo de las partes.
  - b.- El gobierno holandés pondrá a la disposición de EMCALI, un ingeniero asistente, quien estará bajo la dirección técnica de HASKONING para cooperar en la parte de planeación e implementación de muestreo, análisis y preparación de resultados. Este ingeniero recibirá asesoría de HASKONING y la UNIVERSIDAD DEL VALLE. Todos los costos de esta asesoría serán por cuenta del gobierno holandés.

El gobierno holandés pagará todos los costos asociados con modificaciones en la planta, incluyendo la construcción de los lechos de secado de arena y mantenimiento del equipo actual. El gobierno holandés adquirirá los equipos que se requieran para completar los objetivos de la extensión que no están disponibles en los laboratorios de EMCALI, estos equipos y todo lo que implique adecuación en terreno ó parte logística dentro de la planta, al concluir esta extensión serán de propiedad de EMCALI; entre otros equipos para adquisición deberán tenerse en cuenta los siguientes:

    - Medidores de volumen de gas de tipo seco, uno pequeño y otro grande.
    - pHmetro con registrador automático y termómetro para trabajo en la planta anaeróbica.
    - Equipo Hach con dispensadores para determinación de DQO.

Los equipos antes enunciados serán de propiedad de EMCALI al final de esta extensión.
  - c.- EMCALI será responsable de la operación y mantenimiento diario del bioreactor con exclusión de los post-tratamientos. Para lo anterior, pondrá a disposición del ingeniero asistente holandés personal de base, semitécnico y

# EMPRESAS MUNICIPALES DE CALI

- 3 -

y técnico que se requiera para cumplir este objetivo, durante los 7 días de la semana. Este personal recibirá instrucción y entrenamiento en mantenimiento, operación, muestreo y análisis relacionado con el bioreactor. Las determinaciones físicas y químicas serán realizadas en el laboratorio de la Sección Control Contaminación de EMCALI por el personal adscrito a esta sección conjuntamente con el ingeniero holandés que estará bajo la dirección técnica de HASKONING. Los reactivos químicos necesarios serán adquiridos por EMCALI. Por la dificultad a nivel local para consecución de papel de fibra de vidrio tipo Watman para realizar los análisis de sólidos, será HASKONING quien se responsabilice del suministro de este material. Ante la falta de algún equipo, reactivo ó accesorio para realizar esta actividad, será HASKONING quien plantee la solución al problema presentado.

El tipo y número de análisis de manera global se relaciona a continuación para las trece (13) semanas de extensión; vale la pena aclarar que éste número podrá incrementarse en un 10% - 15% para investigaciones especiales que podrán plantearse, los análisis de metales pesados y otros tóxicos ó iones serán responsabilidad de HASKONING tanto para el lodo como para el agua residual.

REACTOR UASB	FRECUENCIA	
Producción de gas	Diario	
Temperatura (Af-Ef)	"	
pH (af - ef)	"	
<b>DQO</b>		
Afluente/Efluente:crudo y filtrado	Diario	364
Ritmo diurno/nocturno	2 veces	96
<b>SST</b>		
Perfil SST	Diario	182
	3 veces	45
<b>SSV</b>		
Afluente/Efluente		227
<b>DBO5</b>		
Afluente/Efluente	1 semanal	52
<b>OTROS</b>		
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (Af-Ef)	2 semanal	52
N-orgánico (Af-Ef)	2 semanal	52
P-PO <sub>4</sub> (Af-Ef)	1 semanal	6
<b>LODOS EN EXCESO</b>		
Nitrógeno amoniacal (Húmedo/seco)		26
Fósfor P <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (Húmedo/seco)		26
Cd, Ni, Cr, Cu, K <sup>+</sup> ; Na <sup>+</sup>		4 C/U
ST		26
STV		26
Percolado (volumen)		26
DQO		13
DBO5		13



## EMPRESAS MUNICIPALES DE CALI

- 4 -

- d.- EMCALI aportará toda la información disponible sobre la caracterización del agua del colector general. En caso de que se considere conveniente realizar una nueva caracterización para verificar la presencia de tóxicos y/ó inhibidores biológicos, será HASKONING quien se responsabilice por el trabajo de campo (muestreo y aforo) y de las determinaciones necesarias. EMCALI aportará los recursos necesarios de que disponga tales como personal y equipos de campo y laboratorio de acuerdo con la programación que se genere entre las tres entidades firmantes de este convenio.
- e.- En cuanto al bombeo del afluente a la planta piloto UASB, EMCALI aportará los recursos de que disponga (personal, equipo, etc.). En caso de presentarse algún inconveniente por falta de algún recurso, será HASKONING quien resolverá el mismo, adquiriendo el recurso necesario.
- 3.- EMCALI seguirá permitiendo el acceso al sitio del reactor de acuerdo con las condiciones enunciadas en el Convenio EMCALI-UNIVALLE firmado en Marzo de 1984. EMCALI, HASKONING y UNIVALLE tendrán entrada libre a la planta piloto para lo cual deberán las tres entidades someterse al reglamento fijado por EMCALI al respecto.
- 4.- La información técnica obtenida de esta extensión deberá ser compartida por los participantes para su diseminación por el gobierno holandés ó por los firmantes de este convenio.
- 5.- Mediante cartas de intención suscritas por las partes podrán acordarse cambios en la forma de trabajo, objetivos planteados ó duración de este convenio.
- 6.- Las bombas peristálticas y el Medidor de Oxígeno actualmente en uso, en el estudio de los post-tratamientos son propiedad de la UNIVERSIDAD DEL VALLE, pero no podrán ser retirados hasta finalizar la investigación.

POR EMCALI

POR UNIVALLE

POR HASKONING

---

## **ANNEX 2**

---

---

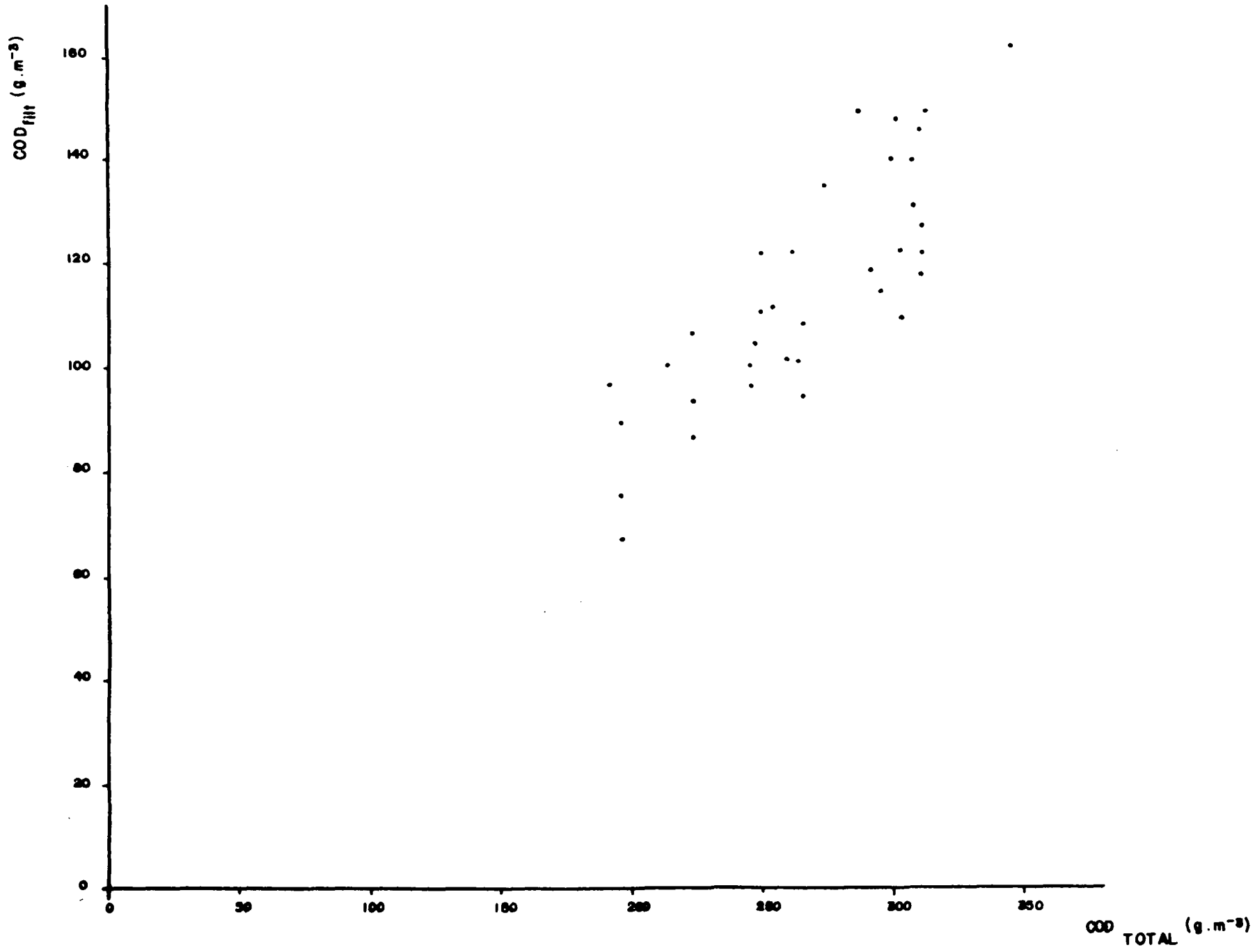
ANNEX 2.1 INFLUENT CHARACTERISTICS

week no.	temp. (°C)	pH	alkalinity (eq.m <sup>-3</sup> )	COD total (g.m <sup>-3</sup> )	COD sol. (g.m <sup>-3</sup> )	BOD (g.m <sup>-3</sup> )	COD tot. / BOD tot.	TSS (1) (g.m <sup>-3</sup> )	VSS (2) (g.m <sup>-3</sup> )	NTK (g.m <sup>-3</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (g.m <sup>-3</sup> )	T-PO <sub>4</sub> (g.m <sup>-3</sup> )
				av. range	av. range			av. range	av. range			
01	-	-	2.50(2.35-2.70)	317(250-420)	126( 60-150)	-	-	656(509-920)	341(167-669)	-	-	-
02	26.3	6.7-6.9	2.55(2.50-2.60)	287(170-490)	148(120-240)	115	1.48	454(442-477)	221(182-321)	14	82	-
03	26.9	7.2	2.30(2.25-2.30)	269(130-400)	108( 50-230)	100	2.79	461(412-510)	198(128-267)	19	11	-
04	26.4	6.9-7.4	2.05(1.85-2.30)	304(180-440)	109( 50-170)	135	2.29	452(425-492)	190(120-260)	19	13	-
05	26.2	7.0-7.4	1.95(1.90-2.05)	310(280-350)	139(110-190)	125	2.22	533(477-588)	251( 251 )	22	14	0.70
06	26.3	6.9-7.2	2.15	304(750-360)	122( 60-170)	90	3.57	476( 476 )	224( 224 )	-	12	0.57
07	26.8	6.9	2.30	300(240-400)	139( 80-190)	-	-	465(458-472)	264(223-343)	23	15	0.68
08	26.4	6.9-7.4	2.05	307(280-340)	145(100-180)	140	2.00	478(448-250)	214(187-250)	20	13	-
09	26.6	6.8-7.1	-	294(260-340)	161(110-210)	105	2.51	448(424-472)	195(173-224)	18	12	3.8
10	27.1	6.8-7.0	2.20	302(240-420)	147(100-170)	115	2.14	481(357-585)	214(145-280)	20	12	4.2
11	27.1	6.7-7.0	-	329(230-540)	117( 80-160)	105	2.77	424(371-477)	258(167-349)	21	13	3.1
12	-	6.7-6.9	-	-	-	-	-	-	-	23	14	-
13	27.0	7.0	-	269(170-350)	121( 50-180)	79	4.48	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	25.5	6.5-7.0	-	290(260-300)	118( 40-150)	-	-	425( 425 )	-	-	-	-
17	25.8	6.8-7.2	-	312(260-440)	130( 80-170)	-	-	132( 40-199)	-	-	-	-
18	25.4	6.7-7.3	-	270(180-340)	122( 90-160)	-	-	168( 88-301)	-	18	11	-
19.1	25.6	6.8-7.1	2.00	316(300-370)	148(145-150)	-	-	190(131-254)	-	16	15	-
19.2	25.5	7.4	-	244(190-310)	98 ( 60-130)	110	2.11	115(111-118)	69 ( 69 )	15	10	-
20	25.5	6.9-7.5	1.85	286(250-370)	134( 80-210)	-	-	133(104-178)	76 ( 58- 98)	14	8.1	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	25.1	6.8-7.0	2.15	242(200-280)	100( 60-120)	78	3.35	139(123-155)	71 ( 62- 86)	11	8.4	-
23	24.6	6.7-7.0	2.25	270(180-390)	94 ( 40-140)	66	2.65	131( 48-297)	86 ( 1-283)	11	6.7	4.0
24	24.5	6.4-7.2	2.40	254(140-320)	111( 80-140)	120	2.08	106( 25-285)	61 ( 20-210)	18	8.7	0.85
25	24.8	6.5-7.2	-	285(180-360)	114( 90-130)	-	-	151( 72-293)	87 ( 23-217)	18	12	-
26	24.7	6.7-7.1	-	182(120-240)	75 ( 60- 90)	-	-	151( 85-229)	64 ( 42- 85)	-	-	-
27	24.3	6.9-7.1	-	230(150-300)	86 ( 70-120)	61	2.52	237(116-368)	103( 57-158)	-	-	-
28	23.9	6.9-7.2	-	191(110-240)	96 ( 40-120)	105	2.24	140( 70-289)	49 ( 33-107)	13	7.6	0.76
29	24.1	5.9-7.0	2.60	234(160-320)	100( 80-150)	73	3.56	104( 61-210)	53 ( 29-107)	16	9.4	0.60
30	24.4	6.9-7.0	1.80	248(190-370)	104( 80-130)	130	2.87	150( 65-339)	85 ( 23-138)	16	10	2.8
31	24.5	6.8-7.0	2.55	250(200-330)	110( 80-150)	92	2.92	112( 30-189)	50 ( 12- 66)	16	9.2	5.6
32	24.0	6.8-7.0	1.45	185(100-300)	67 ( 40- 90)	68	3.07	226(161-357)	93 ( 65-144)	-	-	-
33.1	24.8	6.9-7.5	2.55	235(200-280)	93 ( 70-120)	-	-	158(119-231)	93 ( 66-120)	18	10	0.60
33.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
34	24.6	7.0-7.1	2.50	232(170-290)	106( 80-150)	82	2.90	172(111-327)	81 ( 46-113)	17	7.2	0.02
35	24.8	7.0-7.2	2.10	196(150-310)	89 ( 60-140)	62	2.40	153( 77-266)	70 ( 26-113)	23	17	-
36	25.0	6.8-7.1	-	268(230-130)	110( 90-160)	-	-	131( 47-181)	63 ( 9- 90)	18	11	0.42
37	25.1	-	2.20	317(260-350)	121( 90-150)	110	2.42	161(110-212)	70 ( 49- 94)	19	12	0.33
38	24.8	-	-	263(200-330)	101( 60-130)	-	-	190(111-310)	86 ( 52-112)	16	9.4	0.05
39	25.0	-	2.45	252(200-330)	121( 50-160)	90	2.35	136( 71-200)	50 ( 31-110)	12	6.3	0.46
40	24.6	-	-	208(160-290)	114( 70-190)	115	2.23	123( 66-223)	61 ( 26- 92)	-	-	1.6
41	25.0	-	-	250(220-280)	120( 80-190)	95	2.51	153( 99-199)	94 ( 57-114)	-	-	3.2
42.1	-	-	2.00	228(220-230)	102( 80-130)	-	-	136(113-161)	78 ( 57- 89)	-	-	1.7
42.2	25.8	-	-	225(190-250)	106( 90-130)	-	-	101( 90-118)	67 ( 50- 81)	-	-	-
43	25.2	-	2.35	227(170-270)	103( 80-150)	-	-	133( 58-306)	68 ( 3-101)	16	13	0.08
44	24.3	-	2.10	193(130-240)	77 ( 50- 90)	-	-	105( 40-144)	58 ( 7- 99)	-	-	-
45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
46	-	-	-	208(180-240)	100( 80-110)	-	-	127(122-137)	75 ( 67- 88)	-	-	-
47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
48	24.5	6.8-6.9	-	222(170-280)	118( 80-140)	83	2.07	148( 52-366)	86 ( 20- 301)	16	9.8	0.02
49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	24.5	-	2.10	229(130-380)	126( 90-150)	78	2.30	192(161-218)	98 ( 80-105)	15	11	1.5
51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
53	24.3	-	-	144 ( 144)*	103 ( 103) *	-	-	79 (79 *)	*	-	-	-
54	24.7	-	-	*	*	-	-	*	*	-	-	-
55	24.6	6.2-6.6	2.40	305(190-460)	119( 90-170)	68	3.40	176(102-322)	94 ( 46-163)	14	11	1.9
56	24.5	6.4-7.4	2.80	309(270-330)	130( 80-180)	76	4.40	201(113-327)	122( 53-218)	20	15	0.35
57	24.8	6.8-7.4	2.50	314(250-380)	145( 80-200)	105	3.04	190(145-218)	99 ( 37-129)	17	14	0.16
58	25.3	7.1-7.5	2.60	311(280-340)	129(100-150)	135	2.48	193(107-261)	109( 64-175)	-	-	-
59.1	25.5	7.1-7.2	2.60	271(240-300)	123(120-140)	-	-	209(196-217)	123(110-145)	23	15	0.30
59.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60	25.5	7.0-7.5	2.60	163*(90-270)	86*( 70-100)	84	2.12	122(112-141)	35 ( 22- 55)	14	9.4	0.04
61	25.4	6.8-7.4	3.00	230*(190-280)	108*(80-150)	-	-	125( 99-140)	75 ( 53- 89)	-	-	0.12
62	25.3	7.0-7.0	2.90	308(220-380)	129( 80-190)	68	3.19	198(148-275)	100( 49-124)	18	13	0.38
63	25.4	7.1-7.7	2.80	255(170-330)	105( 80-140)	-	-	97 ( 51-152)	35 ( 45-105)	-	-	-
64	25.3	6.5-7.5	2.80	224(190-290)	103( 70-140)	82	2.75	125( 68-212)	42 ( 14- 75)	18	12	0.28
65	-	7.4-7.6	2.40	233(210-260)	103( 70-130)	84	2.81	144(112-204)	62 ( 32- 86)	13	11	-
66.1	-	-	-	259(230-320)	75 ( 70- 80)	-	-	161(124-229)	69 ( 36- 93)	-	-	-
66.2	25.5	7.2-7.2	2.60	282(260-310)	146(140-150)	-	-	138( 99-117)	75 ( 44-106)	15	11	-
67.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
67.2	24.8	6.9-7.5	2.50	244(210-280)	114(100-130)	104	2.00	97 ( 36-168)	49 ( 12-105)	19	11	-
68	24.8	7.2-7.6	2.60	218(190-280)	100( 80-120)	94	-	139( 68-191)	84 ( 42-121)	-	-	-
	-	7.4	-	288(210-230)	-	-	-	-	-	-	-	-
69	24.9	6.9-7.1	2.80	*	*	-	-	*	*	17	9.9	-
70	24.7	6.3-7.4	2.95	224(200-270)	106( 80-120)	97	2.28	170(141-292)	72 ( 52- 92)	-	-	-
	-	7.2	-	798(370-1270)	577(310-780)	-	-	-	-	-	-	-
71	24.3	6.6-7.1	2.80	151( 90-120)	90 ( 60-130)	43	-	161(112-263)	74 ( 35-127)	17	9.5	-
72	24.4	6.6-7.5	-	242(140-300)	77 ( 60-100)	-	-	216(118-331)	101( 88-223)	15	8.1	-
73	24.6	7.0-7.2	-	399(300-490)	129(120-140)	93	3.22	219(167-313)	119( 66-162)	17	11	-
74	24.2	7.0-7.1	-	313(220-390)	116(100-150)	150	2.63	326(216-475)	166( 93-204)	15	9.7	-
75	24.0	6.8-7.1	-	274(130-320)	63 ( 60- 70)	64	2.06	273(183-362)	152(142-162)	-	-	-

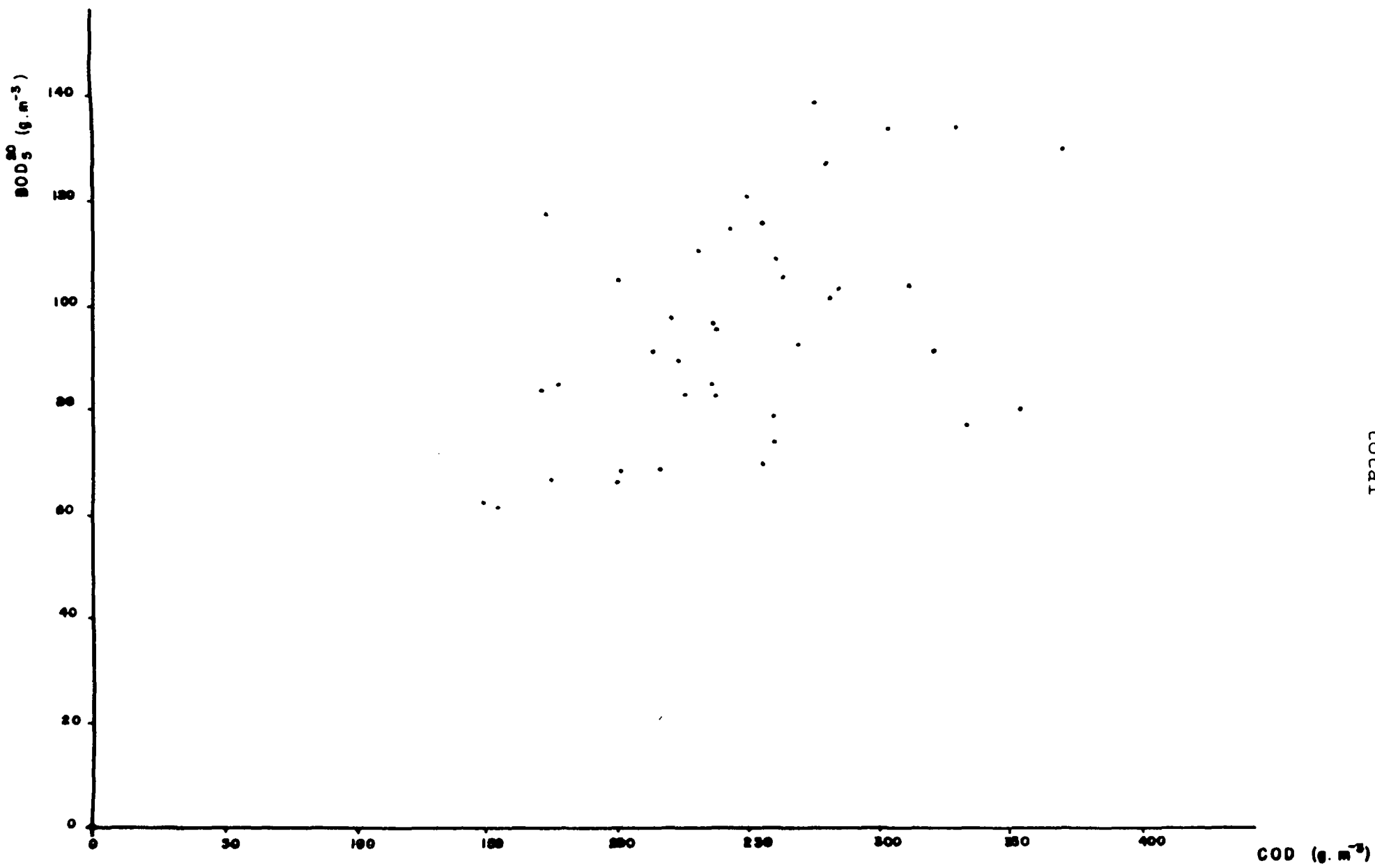
\* not sufficient data available

1) until week 16 (incl.) determined as TS

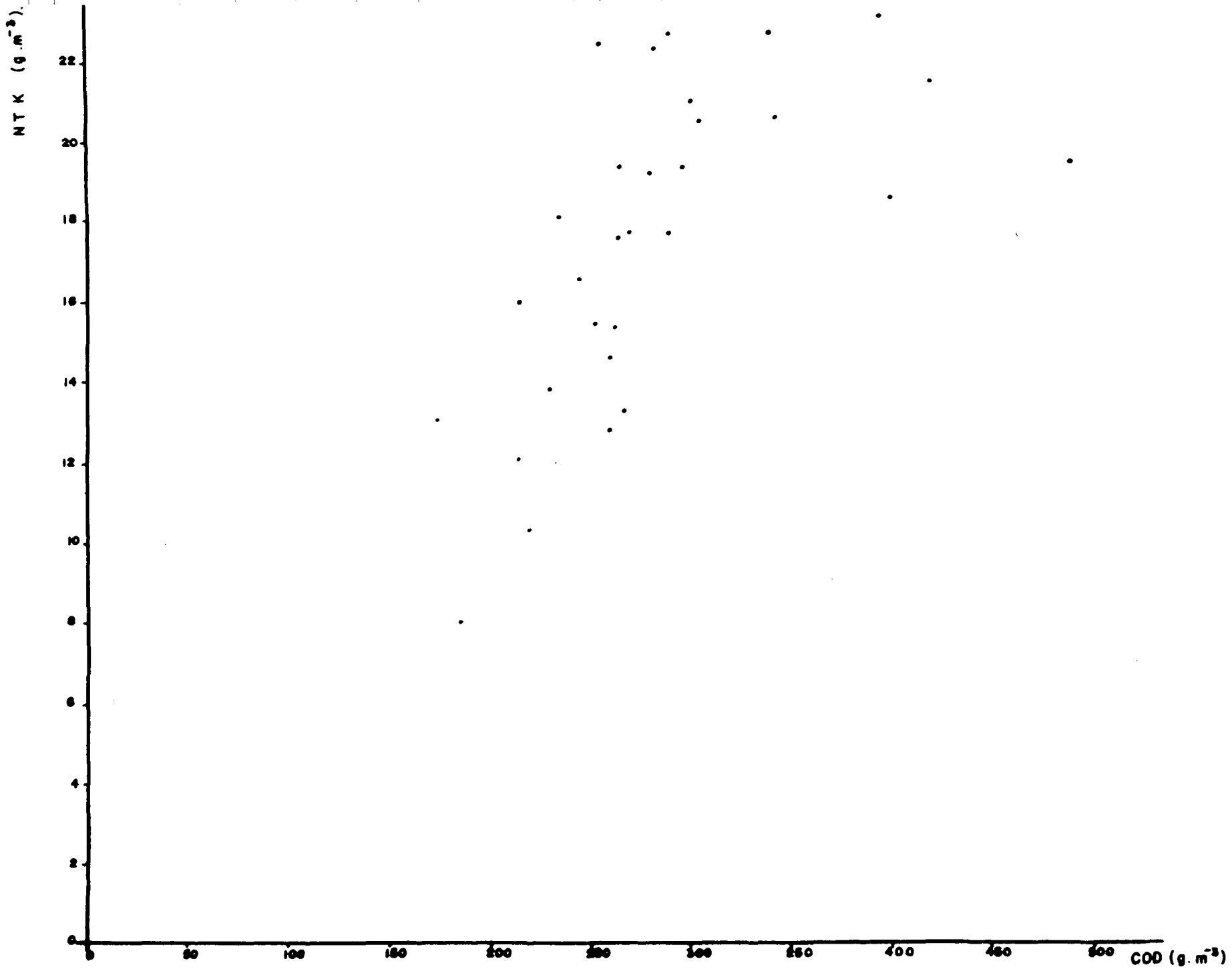
2) until week 16 (incl.) determined as VS



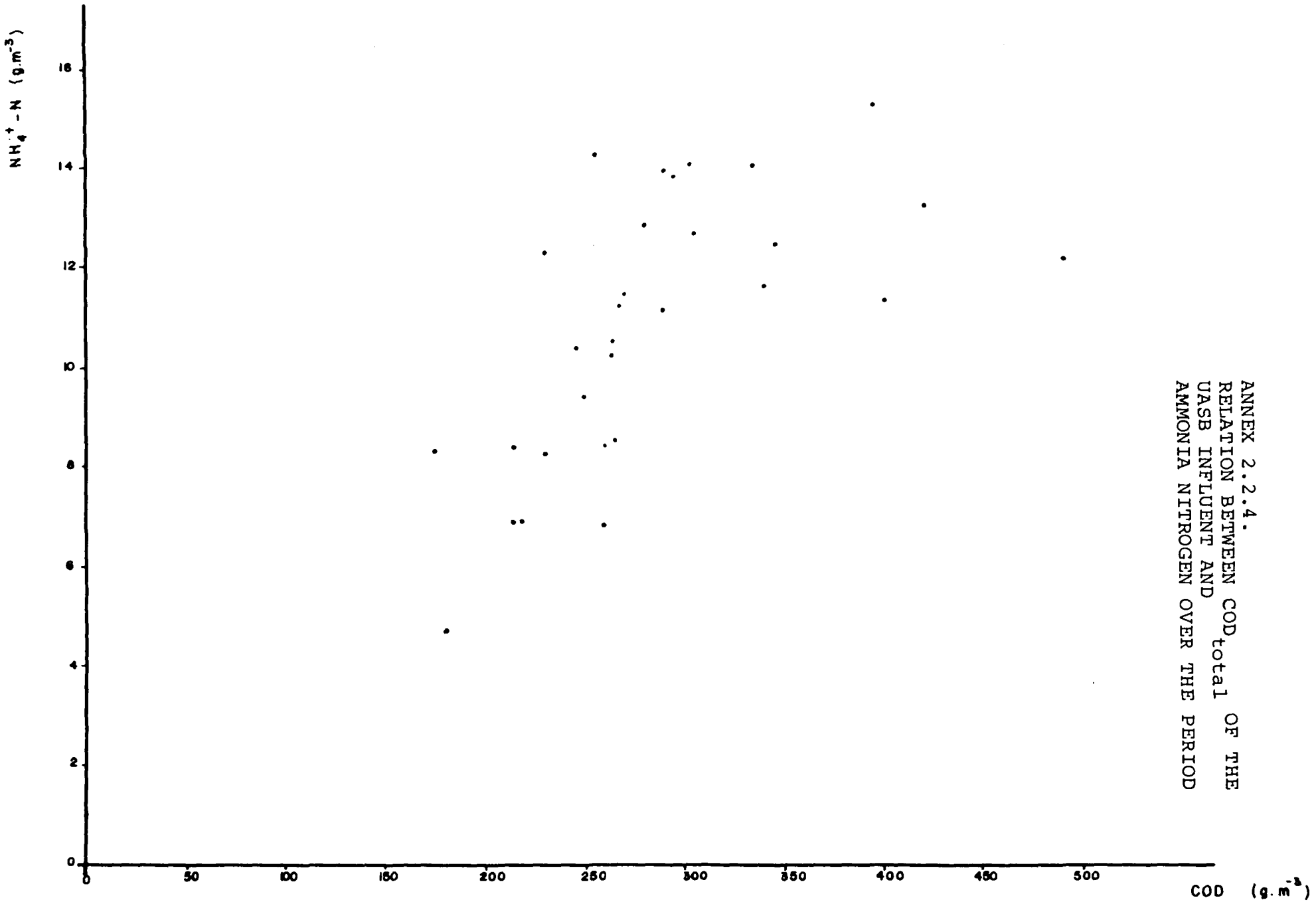
ANNEX 2.2.1.  
 RELATION BETWEEN COD<sub>total</sub> OF THE  
 UASB INFLUENT AND  
 COD<sub>filt.</sub> OVER THE PERIOD



ANNEX 2.2.2  
RELATION BETWEEN COD<sub>total</sub> OF THE  
UASB INFLUENT AND  
BOD<sub>total</sub> OVER THE PERIOD



ANNEX 2.2.3.  
 RELATION BETWEEN COD<sub>total</sub> OF THE  
 UASB INFLUENT AND  
 TOTAL NITROGEN OVER THE PERIOD





### ANNEX 2.3

## TESTING THE MICRO (CUBAN) METHOD AND A MACRO METHOD FOR THE DETERMINATION OF THE COD OF DOMESTIC AND TREATED WASTEWATER

### Introduction

From september 22 to 27, 1983 tests have been done to try the reliability of the micro method for COD-determination (1).

This was done because of the high consumption of expensive reagents (sulfuric acid, silversulfate) for COD-analyses following the standard method (2).

For reasons that will be given later, a method was developed using a higher amount of sample than the micro method. This method was called "macro method".

### Equipment

The equipment used were :

- Normal volumetric pipettes for measuring samples and reagents.
- Roundbottom flasks with ground mouth 250 ml.
- Erlenmeyers with ground mouth 50 ml.
- Reflux condensers.
- Burners, big size.
- Mechanic burette (Metrohm Herisau).
- Volumetric cylinders for measuring sulfuric acid, (standard method only)

### Working Methods

The analysing methods have been tested by analysing the COD of both synthetic and natural samples. To determine the deviation of the methods, for synthetic samples the results are compared with the theoretic COD-value; for the natural samples the results have been compared with the results from the analysis of the same samples following the standard method as used at the Universidad del Valle. (2).

The synthetic samples were solutions of buffered acetic acid (750 and 150 mg/l) and glucose (1000 and 200 mg/l). Natural

DEPARTAMENTO DE PROCESOS QUIMICOS Y BIOLÓGICOS  
SECCION DE SANEAMIENTO AMBIENTAL

Tel: 393041 Ext. 183 y 266

Apartado Aéreo 2188  
Cali - Colombia





samples were 24-hours composed samples of influent and effluent of the Cali anaerobic pilot plant.

The first series of analyses were done in threefold, with a blank in twofold. The later series were done in twofold with a single blank. In table 1 the number of analyses per sample are given.

As mentioned in the introduction, a method using more than 1 ml of sample has been developed, the "macro method". This was done for two reasons. Firstly, the micro method proved to be very sensitive for little failures (it is very hard to take a representative sample of 1 ml from wastewater). Secondly the level of reduction of the bichromate, even with the samples of 750 mg/l acetic acid and 1000 mg/l glucose, was very low, so the difference in quantity of FAS (Mohr's salt), used in the titration, between the sample and the blank, are small. Therefore it was thought to be an improvement to take 2 ml of sample, while using the same amount (1 ml) of bichromate. In order to keep the concentration of sulfuric acid during reflux in the same order as used in the micro method, 4 ml of sulfuric acid is added.

#### Short description of the analysis methods

In principle, the methods are the same as the standard method (3), the difference lies in the amounts of reagents and the time of refluxing. In the description only the amount of added reagent is given, in chronological order, as well as the reflux time.

1. Standard method, used as a reference. (2)
  1. 10 ml of potassium bichromate 0.25 N is put into a 250 ml roundbottom flask.
  2. 20 ml of sample is added
  3. approx. 0.2 g silversulfate
  4. approx. 0.4 g mercury sulfate
  5. 30 ml sulfuric acid 18 M
  6. reflux for 2 hours



7. titration with 0.5 or 0.1 N ferro ammonio sulfate (FAS) or Mohr's salt).

NOTE : Concentration of sulfuric acid during reflux is 50% (9 M).

2. Micro method (1)

1. 1 ml of sample is put into a 50 ml erlenmeyer with ground mouth.
2. 1 ml of potassium bichromate 0.25 N is added
3. 3 ml of sulfuric acid containing silver sulfate 10 g/l is added.
4. approx. 0.1 g of mercury sulfate is added.
5. reflux for 12 minutes.
6. titration with 0.05 or 0.01 N FAS.

NOTE : Concentration of sulfuric acid during reflux is 60% (10.8 M).

3. Macro method

1. 2 ml of sample is put into a 50 ml erlenmeyer with ground mouth;
2. 1 ml of potassium bichromate 0.25 N is added.
3. 4 ml of sulfuric acid 18 M, containing silver sulfate 10 g/l.
4. approx. 0.1 g mercury sulfate.
5. reflux during 20 minutes
6. titration with 0.01 N FAS

NOTE : Concentration of sulfuric acid during reflux is 57% (10.3 M).

The concentration of sulfuric acids effects the rate of oxidation of the sample (1).



## Results and discussion

Results are given in table 1

Analyses of synthetic samples of acetic acid and glucose, give results that are much higher than the theoretic value, from 6 to 427 percent too high. Only one sample (in threefold) gives lower results.

The natural samples (influent and effluent of the anaerobic treatment plant) give results that are significantly lower than the results obtained using the standard method, 28 to 100 percent too low; except the samples that are marked with \* in table 1.

All samples show a very high standard deviation between the analyses in two or threefold.

It became clear that titration with 0.05 N FAS does give results that vary too much, 0.1 ml of FAS gives a result that is 40 mg/l higher or lower. In a concentration range of 100 mg/l this is far too much. Therefore the FAS was diluted 5 times. But with this solution of 0.01 N it was not possible to obtain a clear colour change.

Also it became clear that the quantity of indicator affects the titration, when using 0.01 N FAS. The macro method suffered from the same problems as the micro as far as titration is concerned. It could be tested whether the titration could be improved using for sample 0.025 N FAS. Then 0.1 ml equals approx. 10 mg/l COD., which is acceptable, if other factors affecting precision are absent.

## Conclusions

The micro method as well as the macro method are not useful for reliable determination of COD under the circumstances of the equipment used in this test. It will be studied if one of the methods can be improved by using more precise equipment.

## Literature

1. Conde, José; Bartos, Jifi and Reyes, Adelaida - Determinación rápida de DQO - ICIDCA, La Habana, Cuba (1976).



2. Rojas, Olga - Análisis de aguas residuales industriales, Universidad del Valle, Cali, Colombia (1977).
3. Standard methods for the examination of water and wastewater, APHA.

83.11.10/A.S.

Table 1. Results of testing micro and macro methods for determination of COD

Sample	Result of analysis (mg/l COD)			Difference with theoretic value (%)	Result from standard method (mg/l COD)			Difference between two methods (%)
	$\bar{x}$	$\sigma$	n		$\bar{x}$	$\sigma$	n	
MICRO METHOD								
acetic acid 750 mg/l	627	49	3	- 22				
acetic acid 750 mg/l	1082	32	3	+ 35				
acetic acid 150 mg/l	849	23	3	+427				
acetic acid 150 mg/l	312	73	3	+ 94				
glucose 1000 mg/l	1137	32	3	+ 6				
glucose 1000 mg/l	1334	21	3	+ 24				
glucose 200 mg/l	340	18	3	+ 59				
glucose 200 mg/l	253	21	3	+ 18				
influent raw * 22/9	261	18	3		--			
influent raw 22/9	329	13	3		221	31	3	+ 49
influent raw 26/9	255	43	2		336	7	2	- 24
influent filtr. 26/9	85	0	2		--			
effluent raw 26/9	42	0	2		--			
effluent filtr. 26/9	0	0	2		102	1.5	2	-100
influent raw 27/9	320	40	2		446	--	1	- 28
influent filtr. 27/9	40	0	2		109	--	1	- 63
effluent raw 27/9	20	20	2		863	--	1	--
effluent filtr. 27/9	60	20	2		0	--	1	--
MACRO METHOD								
influent raw * 22/9	634	2.9	3		}221	31	3	{ +187
influent raw * 22/9	408	1.6	3					

\* see discussion of the results

$\bar{x}$  average  
 $\sigma$  standard deviation  
n number of analyses

ANNEX 2.4.  
 TESTING THE HACH-COD ANALYSIS METHOD

HACH-COD ANALYSIS METHOD

BLANKS AND STANDARDS (260784 - 100884)

- BLANKS - 2 ML DISTILLED WATER (1x distilled)
- STANDARD SOLUTION for 150 mg COD/liter  
 (8H<sub>5</sub> KO<sub>4</sub>) 127,5 mg KH<sub>2</sub>P<sub>4</sub> 1 liter  
 (M=204,32) (standard methods page 499 §4d)

RESULTS:

BLANKS		STANDARD (150)	
0*	1	150	149
		102 (100)	98 (100)
		50 ( 50)	49 ( 50)
0*	3	155	155
		98 (100)	102 (100)
		51* ( 50)	56 ( 50)
-10*	-10	150	152
0*	2	148	150
0*	0	151	153
		148	148 other pipet
0*	-10	151*	153
-10*	22	150	150
0*	0*	155	155
5	0*	153	150
-10 <sub>1</sub>	0*	153 <sub>1</sub>	155
5 <sub>1</sub>	-	155 <sub>1</sub>	-

\* adjustment  
 average adjustment



**ANNEX 3**

ANNEX 3.1 OPERATIONAL CHARACTERISTICS AND GAS PRODUCTION

week no.	days nos.	month	period	hydraulic retention time (h)	hydraulic loading rate (m <sup>3</sup> .m <sup>-2</sup> .d <sup>-1</sup> )	surface loading rate (m <sup>3</sup> .m <sup>-2</sup> .d <sup>-1</sup> )	number of inlet-points in use (l)	density of inlet-points (m <sup>-2</sup> .l)	flow rate (m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> )	fraction of time operational	organic loading rate (kg COD.m <sup>-2</sup> .d <sup>-1</sup> )	gas production rate (m <sup>3</sup> .d <sup>-1</sup> )	gas composition (% CH <sub>4</sub> )	REMARKS
00	010-016			25	1.0	0.16		1.0	2.54	0.96	*	-	-	
01	017-024			25	1.0	0.16			2.54	0.64	0.30	2.2	-	no sampling
02	025-032		I	25	1.0	0.16			2-2.5	1.00	0.27	1.9	-	many pumpstops
03	033-038	July '83		16	1.6	0.25			4.0	0.75	0.36	2.4	-	
04	039-045								4.0	0.93	0.41	3.4	-	
05	046-052		II						4.0	0.93	0.46	3.8	-	
06	053-059								4.0	1.00	0.46	3.8	85	
07	060-066	Aug.		16	1.6	0.25			4.0	0.93	0.47	4.1	-	
08	067-073			12	2.0	0.33			5.3	1.00	0.60	4.8	91	
09	074-080								5.6	0.86	0.50	5.3	91	
10	081-087								5.6	0.88	0.54	6.7	89	
11	088-095			12	2.0	0.33			5.6	0.95	0.60	6.7	87	
12	096-105	sep.							0-5.6	1.00	-	4.2	-	Flow rate irregular and
13	106-109		III	12	2.0	0.33			5.6	1.00	0.50	5.2	-	unknow
14	110-115								0	-	-	2.6	86	no pumping
15	116-122								0	-	-	1.9	-	no pumping
16	123-129	oct.		12	2.0	0.33			5.6	0.73	0.50	3.4	-	
17	130-136								5.6	0.80	0.51	4.6	-	
18	137-143								5.6	0.91	0.52	4.8	-	
19.1	144-147			12	2.0	0.33			5.6	0.98	0.67	6.2	-	
19.2	148-150			8	3.0	0.50			7.9	0.76	0.72	7.2	-	
20	151-156			8	3.0	0.50	16		7.9	0.88	0.84	7.4	-	
21	157-164	Nov.							0	-	-	2.4	-	no pumping
22	165-171			8	3.0	0.50			7.9	0.98	0.71	4.8	-	
23	172-178								8.0	0.98	0.80	6.2	-	
24	179-186		IV				16	1.0	8.1	0.99	0.77	7.4	-	
25	187-192	dec. '83					4	0.25	7.9	0.96	0.84	8.6	76	
26	193-199								7.9	1.00	0.54	7.7	-	
27	200-206							0.25	8.0	0.99	0.67	6.0	-	
28	207-213	Jan. '84					2	0.125	8.0	0.96	0.58	4.8	79	
29	214-220								8.1	0.89	0.63	8.2	-	
30	221-228						2	0.125	8.1	0.89	0.71	7.4	79	
31	229-234			8	3.0	0.50	4	0.25	8.1	0.87	0.65	8.2	-	
32	235-241			6	4.0	0.67			10.7	0.67	0.48	4.8	-	
33.1	242-245			6	4.0	0.67			10.7	1.00	0.94	8.9	-	
33.2	246-249								0	-	-	5.3	-	no pumping
34	250-255	feb.	V	6	4.0	0.67			8-10.7	0.86	0.75	6.2	-	many pumpstops
35	256-262								10.2-10.7	0.64	0.53	5.8	-	many pumpstops
36	263-269								11.0	0.97	1.10	9.2	-	
37	270-276								11.0	0.99	1.25	10.4	-	
38	277-281						4	0.25	10.7	0.99	1.06	9.6	-	
39	282-290	mar.					16	1.0	10.7	0.80	0.90	9.0	-	
40	291-297								10.7	0.63	0.40	6.9	-	many pumpstops
41	298-304								10.7	0.81	0.90	9.3	-	
42.1	305-308			6	4.0	0.67			apr.10	1.00	0.66	7.6	-	
42.2	309-311	april		5	4.8	0.8			13.1	0.91	1.11	8.7	-	
43	312-318								13.1	0.76	0.87	8.0	-	315-323: many
44	319-323			5	4.8	0.8			13.1	0.73	0.71	5.8	-	pumpstops
45	324-333								0	-	-	3.5	-	no pumping
46	334-336			4	6.0	1.0			15.8	0.93	1.23	5.5	-	
47	337-349	may	VI						0	-	-	2.6	-	no pumping
48	350-357			4	6.0	1.0			15.6	0.74	0.86	5.8	-	
49	358-364								0	-	-	6.3	-	no pumping
50	365-367			4	6.0	1.0			15.6	0.61	1.29	8.4	-	
51	368-374	June							0	-	-	6.4	-	no pumping
52	375-385								0	-	-	2.2	-	no pumping
53	386-388			4	6.0	1.0			16.3	0.73	*	2.8	-	no sampling
54	389-394								16.4	0.84	*	9.0	-	no sampling
55	395-401								16.5	0.87	1.68	11.8	-	401: sludge discharged
56	402-409	July							16.5	0.99	1.90	14.7	-	
57	410-416								16.4	0.98	1.87	18.2	-	
58	417-423		VII						16.4	0.90	1.88	15.4	-	
59.1	424-427			4	6.0	1.0			16.3	0.94	1.66	-	-	
59.2	428-431								0	-	-	-	-	no pumping
60	432-437	Aug.		2.4	10.0	1.7			27.3	0.41	1.86	-	-	
61	438-443								27.3	0.82	2.34	-	-	433: sludge discharged
62	444-451								27.3	0.98	3.09	14.3	-	
63	452-458								27.3	0.99	2.60	14.1	-	
64	459-465		VIII						27.3	0.98	2.24	13.8	-	
65	466-472	sep.							27.3	0.88	2.05	15.9	-	
66.1	473-475			2.4	10.0	1.7			27.3	0.98	2.60	15.0	-	
66.2	476-478			6	4.0	0.67			10.7	0.99	1.13	18.7	-	
67.1	479-481								0	-	-	-	-	no pumping
67.2	482-486			6	4.0	0.67			10.7	0.73	1.26	9.2	-	hydraulic shockloads (2x)
68	487-492		IX						10.7	0.84	0.85	9.7	-	
	493								10.7	1.00	1.16	8.8	-	organic shockload (1 <sup>st</sup> )
69	494-497								10.7	0.99	-	10.8	-	no sampling
70	498-504	oct.							10.7	0.91	0.87	11.8	-	
	505			6	4.0	0.67			9.6	1.00	2.87	20.2	-	organic shockload (2 <sup>nd</sup> )
71	506-513		X	4	6.0	1.0			16.3	1.00	0.92	5.4	-	
72	514-520			4	6.0	1.0			15.3	0.64	1.22	7.3	-	day-night rhythm
73	521-526			3.1	7.7	1.3			21.2	1.00	3.19	11.0	-	526: sludge discharge
74	527-532	Nov. '84	XI	3.1	7.7	1.3			20.0	1.00	2.48	11.9	-	i.d.
75	533-535			5	4.8	0.8			8.1	0.74	0.83	9.5	-	i.d., many pumpstops

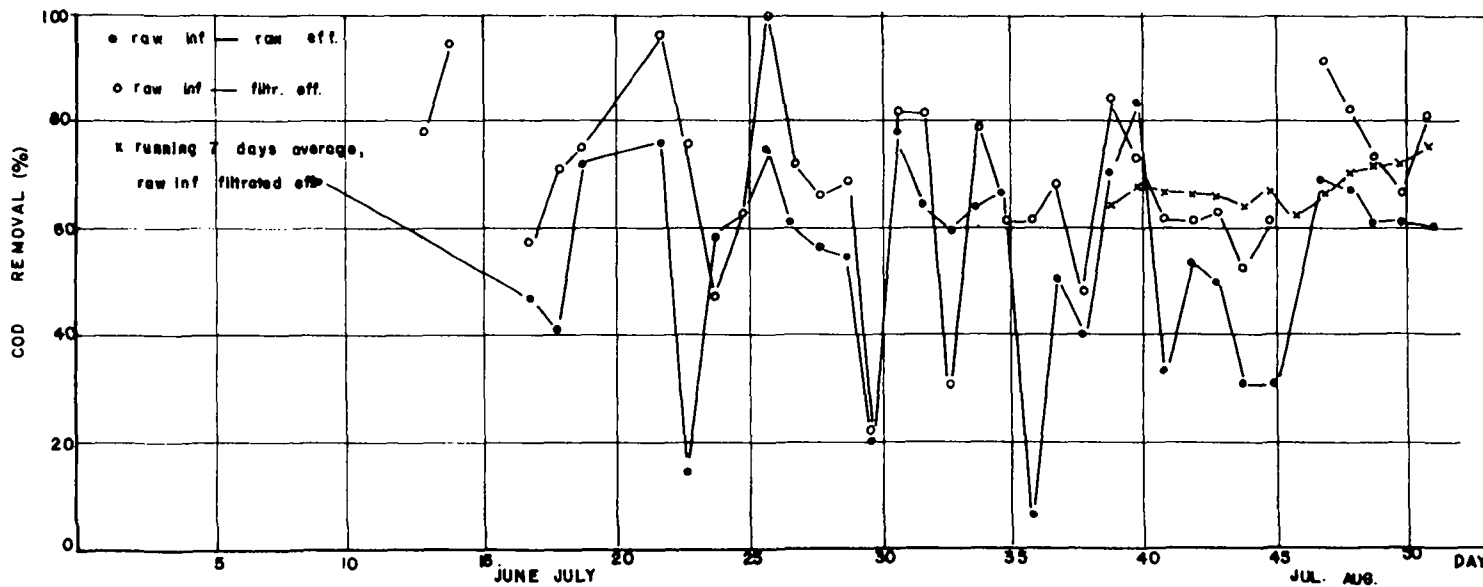
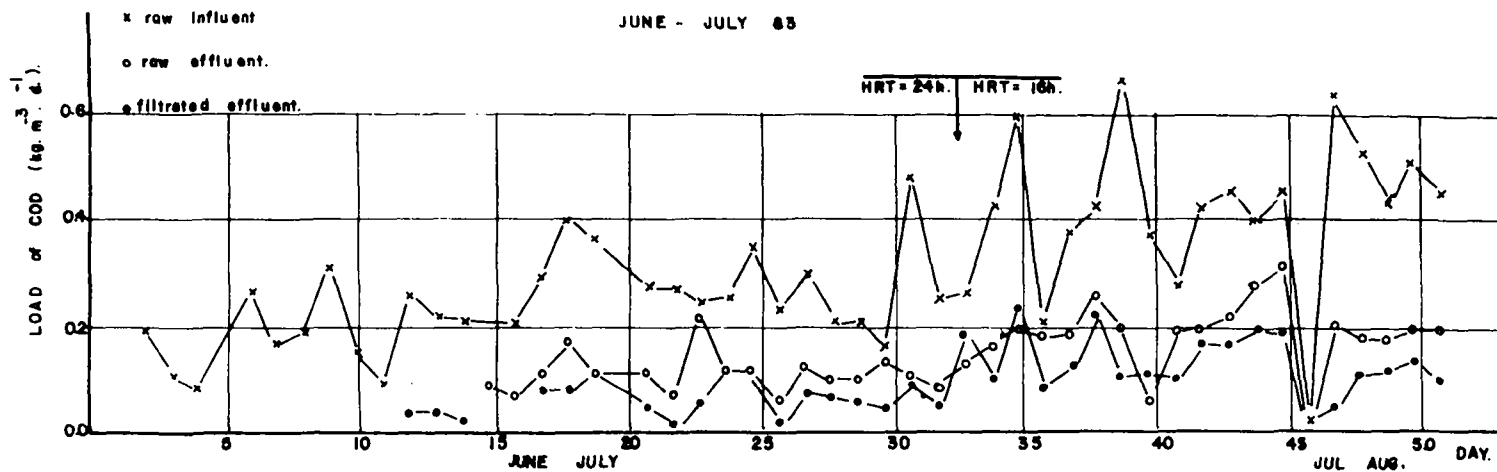


ANNEX 3.2 EFFLUENT CHARACTERISTICS

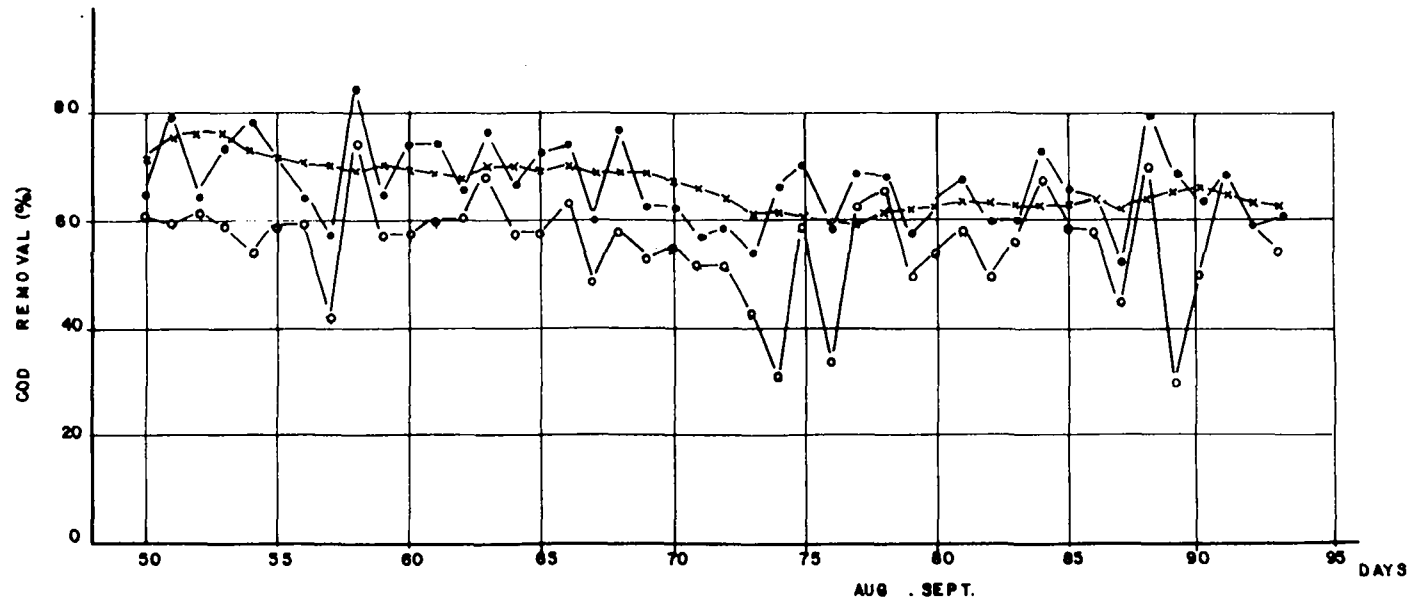
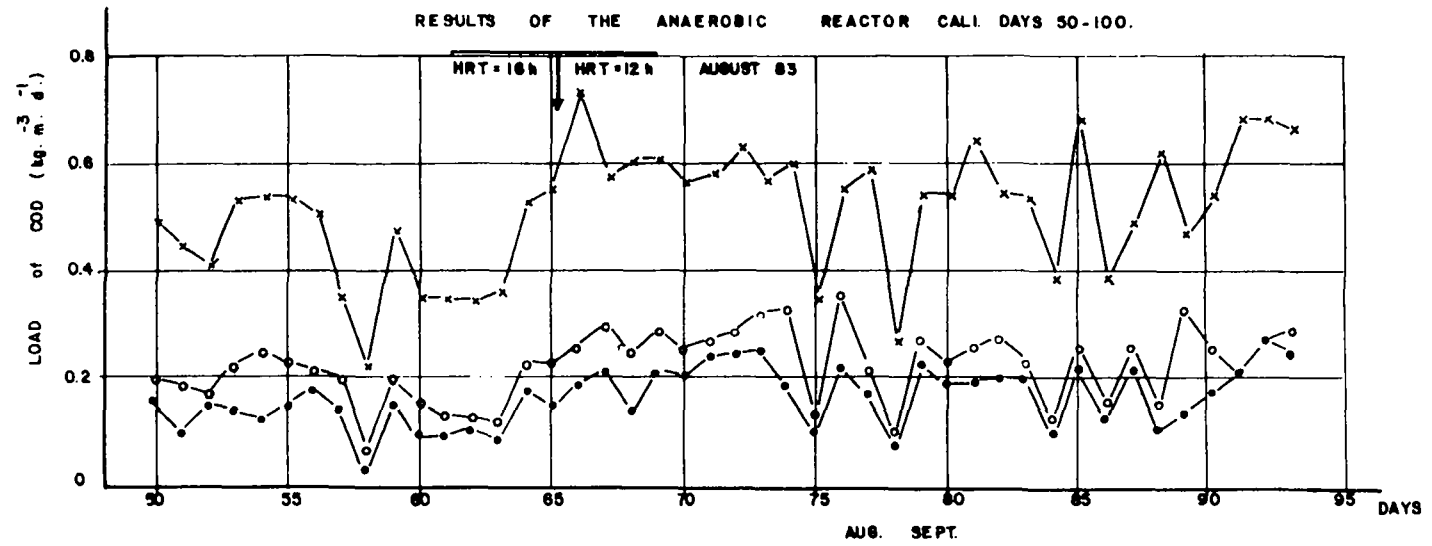
week no.	temp. °C	pH	alkalinity eq.m <sup>-3</sup>	COD (g.m <sup>-3</sup> )		BOD <sub>5</sub>					TSS (1)	VSS (1)	NTK (g.m <sup>-3</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (g.m <sup>-3</sup> )	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (g.m <sup>-3</sup> )	
				total	soluble	total	COD <sub>cr</sub> /800	filt.	COD/800	filt.	decant.	av. range				av. range
01			3.40	133 (70-230)	81 (60-130)						317 (286-347)	95 (95-95)			0	
02	26.3	6.3-6.7	3.20	109 (60-140)	87 (70-140)	40	3.50				318 (289-339)	109 (98-122)	17	15	0	
03	26.7	6.8	3.00	105 (90-170)	85 (50-160)	61	2.77				328 (321-334)	141 (120-162)	17	13		
04	26.4	6.8-7.0	2.80	137 (120-260)	89 (70-120)	72	2.86				311 (302-316)	85 (57-112)	18	14		
05	26.2	6.9-7.2	2.60	118 (110-130)	82 (70-110)	56	1.91				353 (351-354)	114 (114)	18	16	0	
06	26.1	6.6-6.9	2.90	130 (130-170)	86 (80-120)	40	3.43				291 (291)	94 (94)			0	
07	26.5	6.5	3.10	115 (80-190)	82 (60-120)						331 (299-350)	171 (132-256)	20	17	0	
08	26.3	6.5-6.6	2.50	145 (130-160)	113 (70-120)	59	2.64				330 (327-332)	124 (121-126)	18	15		
09	26.5	6.4-6.6	-	133 (100-180)	98 (80-110)	42	2.76				361 (339-393)	157 (109-165)	16	14	2	
10	27.0	6.4-6.6	2.80	124 (110-130)	102 (90-110)	51	2.59				280 (158-349)	112 (81-137)	19	16	3	
11	27.0	6.5-6.6	-	120 (80-160)	91 (50-140)	43	2.02				289 (283-295)	193 (137-249)	20	16	2	
12		6.4-6.5														
13	27.0	6.5-6.7	-	130 (60-210)	111 (40-180)	35	5.91									
14																
15																
16	25.4	6.2-6.5	-	136 (110-150)	92 (70-100)						131 (131)					
17	26.0	6.2-6.5	-	117 (100-130)	85 (70-100)						17 (7-37)					
18	25.6	6.1-6.5	-	107 (80-120)	84 (70-110)						22 (5-36)		17	14		
19.1	25.6	6.1-6.4	2.70	137 (100-150)	94 (80-100)						51 (35-65)		16	16		
19.2	25.5	6.4	-	95 (80-100)	56 (40-70)			20	3.45	27	47 (33-61)	44 (44)	12	9.9		
20	25.6	6.3-6.7	2.90	92 (60-110)	60 (40-80)						48 (35-68)	29 (19-46)	13	11		
21		6.3											14	11		
22	25.1	6.5-6.8	2.40	93 (90-100)	69 (50-80)			23	3.48	27	42 (16-56)	24 (2-49)	12	9.7		
23	24.6	6.4-6.5	2.90	72 (40-100)	53 (30-70)			11	2.27	12	51 (15-113)	30 (4-64)	9.4	7.2	5	
24	24.8	5.8-6.9	2.90	79 (50-110)	50 (40-70)			25	2.64	31	46 (118-79)	17 (9-47)	16	11	4	
25	24.8	6.2-6.8	-	85 (70-100)	63 (60-80)						32 (28-44)	20*(19-21)	18	16		
26	24.8	6.6-6.9	-	67 (60-80)	32 (20-40)						40 (14-73)	14 (5-35)				
27	24.4	6.6-6.9	-	76 (50-100)	51 (40-60)			11	4.82	15	38 (25-52)	22 (15-36)				
28	23.9	6.6-7.1	-	72 (60-90)	43 (30-50)			27	1.52	25	46 (13-117)	43 (9-98)	11	10		
29	24.4	6.7-6.9	3.60	64 (40-90)	38 (20-50)			15	3.47	17	33 (14-61)	17 (2-28)	14	12		
30	24.4	6.5-6.7	3.15	77 (50-110)	41 (20-50)			13	3.46	13	40 (21-56)	14 (1-36)	19	16	1	
31	24.5	6.2-6.7	3.30	68 (60-80)	60 (40-70)			6	2.92	7	34 (23-49)	16 (1-36)	13	12	4.0	
32	24.0	6.5-6.9	1.95	62 (40-90)	39 (30-50)			9	4.67	13	42 (29-56)	21 (17-28)				
33.1	24.5	6.6-7.2	3.45	65 (60-80)	42 (30-50)						55 (45-72)	29 (20-43)	15	12	1.3	
33.2																
34	24.7	6.8-6.9	3.40	69 (60-80)	49 (30-60)			8	5.63	10	40 (19-49)	16 (1-22)	11	8.3	1.0	
35	24.8	6.7-6.9	3.35	55 (40-70)	53 (40-60)			12	3.58	16	29 (15-56)	12 (3-29)	19	18		
36	25.0	6.4-6.8	-	81 (60-110)	48 (40-70)						48 (15-88)	29 (3-70)	15	12	1.2	
37	25.2	-	2.90	123 (90-150)	50 (40-80)			10	7.90	16	104 (36-137)	41 (9-72)	18	16	1.3	
38	25.4	-	-	145(100-200)	47 (40-60)						165 (67-248)	46 (17-71)	14	12		
39	25.4	-	3.50	147 (70-220)	64 (40-110)	27	5.71	-	-	14	140 (85-327)	55 (36-111)	14	11	2.2	
40	24.8	-	-	58 (40-80)	40 (40-50)	15	4.20	-	-	10	49 (38-59)	13 (3-25)			1.3	
41	25.3	-	-	100 (80-130)	44 (40-50)	25	3.44	-	-	17	105 (59-160)	43 (18-66)			3.0	
42.1	-	-	3.00	162 (70-280)	47 (40-50)						221 (61-449)	80 (24-158)			3.5	
42.2	25.8	-	-	117 (90-150)	40 (40-40)						125 (68-178)	44 (26-56)				
43	25.3	-	2.80	116 (60-210)	48 (40-60)						120 (50-283)	41 (23-100)	19	18	0.1	
44	24.4	-	2.60	89 (60-110)	46 (50-90)						65 (23-108)	24 (2-48)			1.7	
45	-	-	-													
46	-	-	-	121(100-160)	56 (50-60)						86 (49-143)	43 (11-164)				
47	-	-	-													
48	24.8	6.2-6.6	-	118 (90-140)	64 (30-80)	27	3.27	25	3.32	-	86 (41-131)	51 (20-117)	22	16	0.0	
49	-	-	-										18	15		
50	24.8	-	2.80	127(110-150)	65 (50-80)			17	2.60	-	109 (78-137)	39 (34-44)	22	20	1.8	
51	-	-	-													
52	-	-	-													
53	24.5	-	-								146* (146)	74* (74)				
54	24.7	-	-	107*(90-120)	65*(60-80)						61 (48-81)	28 (20-34)				
55	24.9	6.0-6.4	3.35	143 (90-210)	55 (40-60)	17	7.71	10	5.90	-	150(101-367)	61 (19-136)	21	19	1.4	
56	24.6	6.2-7.2	3.20	106(100-120)	62 (40-80)	37	3.02	31	2.25	-	56 (30-84)	21 (0-41)	18	17	0.60	
57	25.0	6.4-7.0	3.10	125(100-150)	59 (50-70)	34	3.88	17	3.06	-	109 (90-143)	42 (17-65)	20	19	1.1	
58	25.2	6.8-6.9	3.65	121(110-130)	55 (40-70)	36	3.58	30	1.67	-	117 (87-179)	52 (29-82)				
59.1	25.3	6.8-6.9	2.80	142(130-150)	47 (40-50)						141(125-162)	63 (61-64)	22	18	0.70	
59.2	-	-	-													
60	-	-	3.00	144*(100-220)	53*(40-60)	33	4.22	-	-	-	147 (93-201)	48 (93-201)	16	12	0.60	
61	-	-	3.50	154(120-220)	61 (50-80)						115 (94-136)	37 (29-43)			0.60	
62	-	-	3.40	127 (80-150)	84 (70-100)	35	2.78	24	2.98	-	67 (44-112)	32 (11-44)	18	16	0.06	
63	-	-	3.65	135(120-150)	68 (60-90)	31	4.43	28	2.51	-	118 (75-237)	28 (17-96)				
64	-	-	3.90	147(120-160)	64 (40-90)	36	4.36	24	2.38	-	141 (91-166)	43 (19-96)	22	17	0.0	
65	-	-	3.05	124(100-160)	59 (40-90)	29	3.37	18	4.73	-	136 (71-200)	40 (9-60)	17	15		
66.1	-	-	3.35	137(120-150)	46 (40-50)						186(111-242)	66 (33-88)				
66.2	-	-	-	102(100-110)	63 (60-70)						83 (83-83)	60 (45-74)	20	16		
67.1	-	-	-													
67.2	-	-	3.10	74 (70-80)	57 (50-60)	23	3.03	15	3.23	-	60 (19-116)	31 (3-67)	20	17		
68	-	-	3.20	74 (70-80)	55 (50-70)						47 (13-62)	23 (9-66)				
69	-	-	3.90	*	*						53 (53)	44 (44)	16	14		
70	-	-	4.00	72 (70-80)	58 (50-70)						46 (39-50)	12 (8-16)				
71	-	-	-	388 (50-720)	290(50-450)											
72	-	-	4.00	98 (60-140)	58 (40-110)						98 (40-178)	44 (11-88)	19	15		
73	-	-	-	146(120-180)	47 (40-50)						159 (88-223)	78 (67-87)	12	16		
74	-	-	-	260(170-420)	71 (60-90)	105	3.14	20	2.81	-	170(107-279)	74 (34-106)	18	13		
75	-	-	-	167(110-200)	77 (70-100)	53	2.08	42	2.02	-	141 (95-177)	69 (49-93)	18	13		
	-	-	-	58 (50-70)	38 (30-50)	8	5.63	8	3.63	-	64 (61-66)	32 (20-43)				

\* not sufficient data available  
 1) until week 16 (incl.) determined as TS  
 2) until week 16 (incl.) determined as VS

RESULTS OF THE ANAEROBIC REACTOR CALI. DAYS 1 - 50



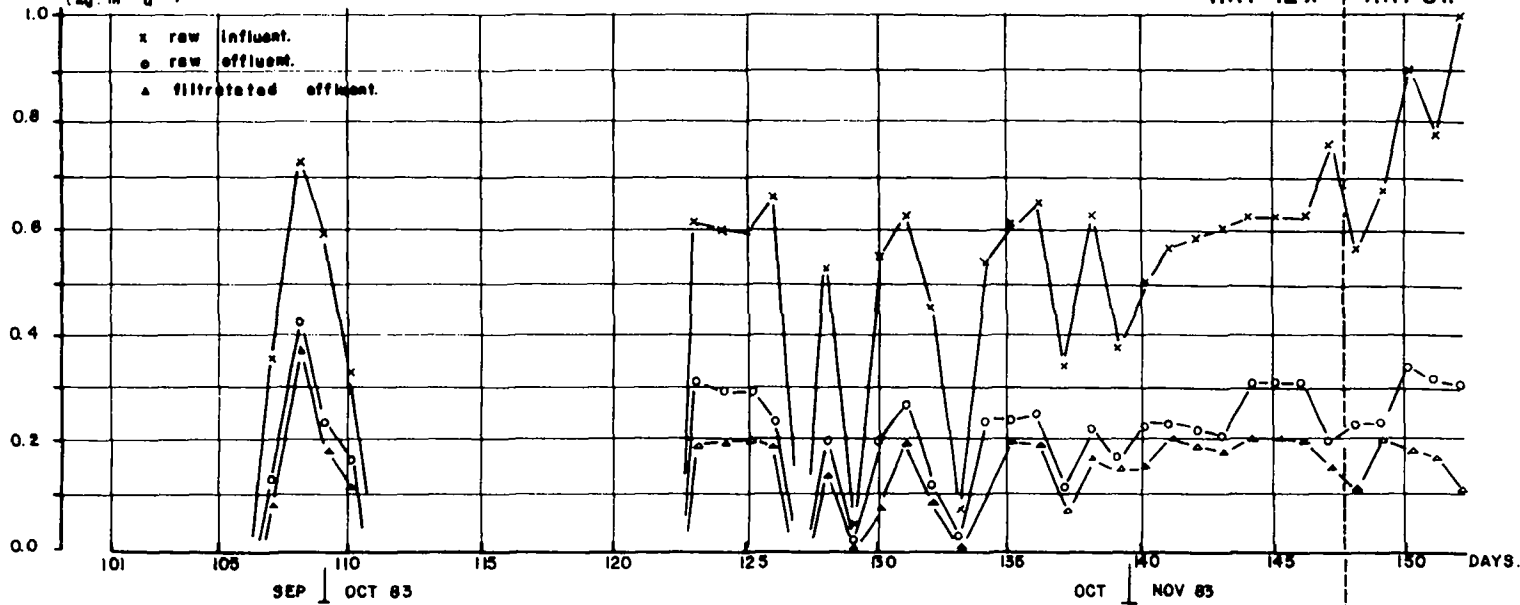
ANNEX 3.3.  
COD-LOADS AND COD TREATMENT EFFICIENCIES  
OF THE USAB PLANT BASED ON DAILY  
ANALYSES



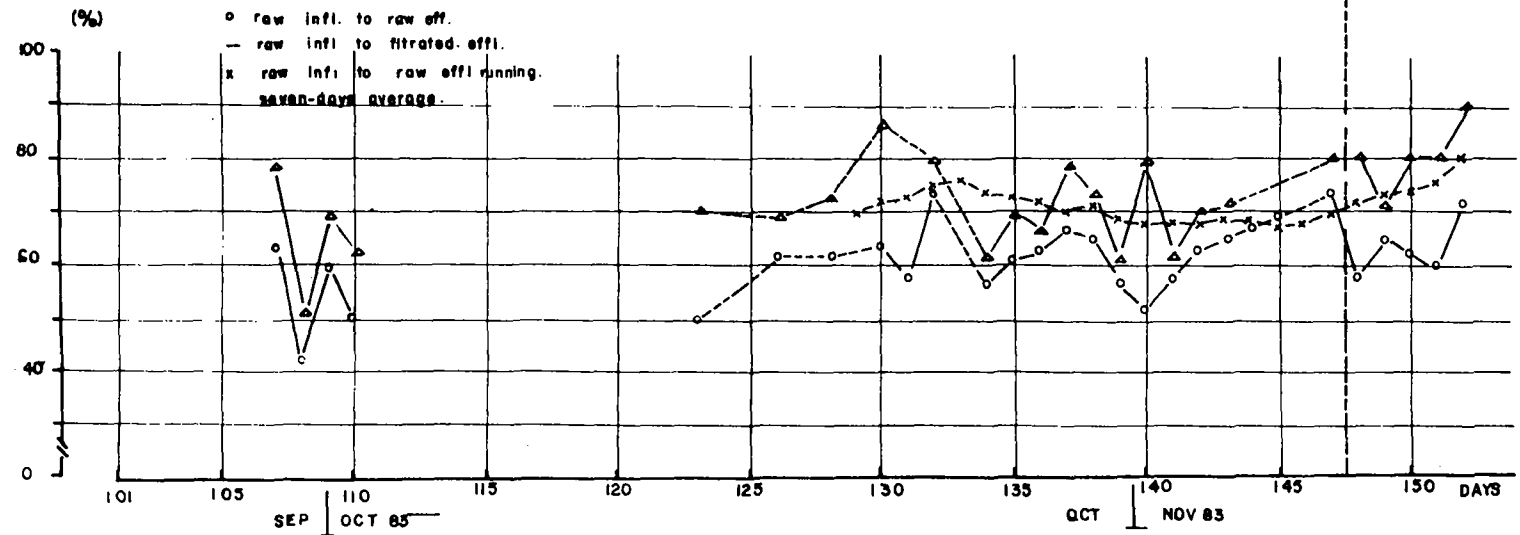
**COD - LOAD**  
(kg. m<sup>-3</sup> d<sup>-3</sup>)

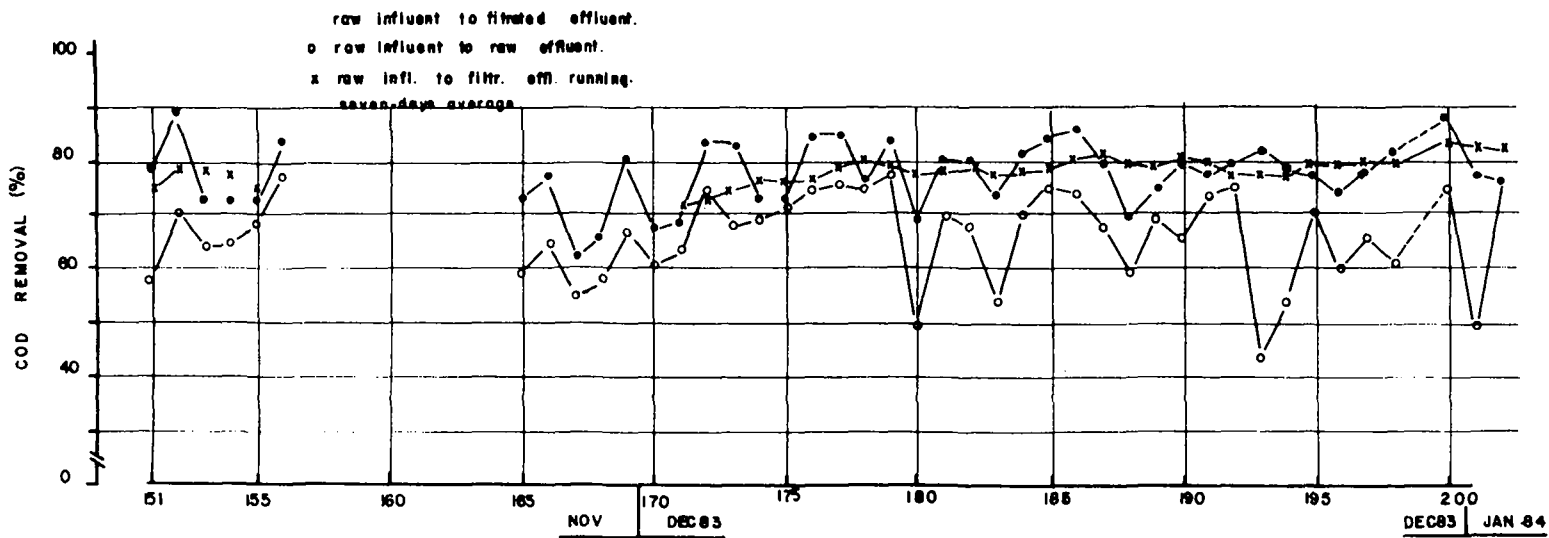
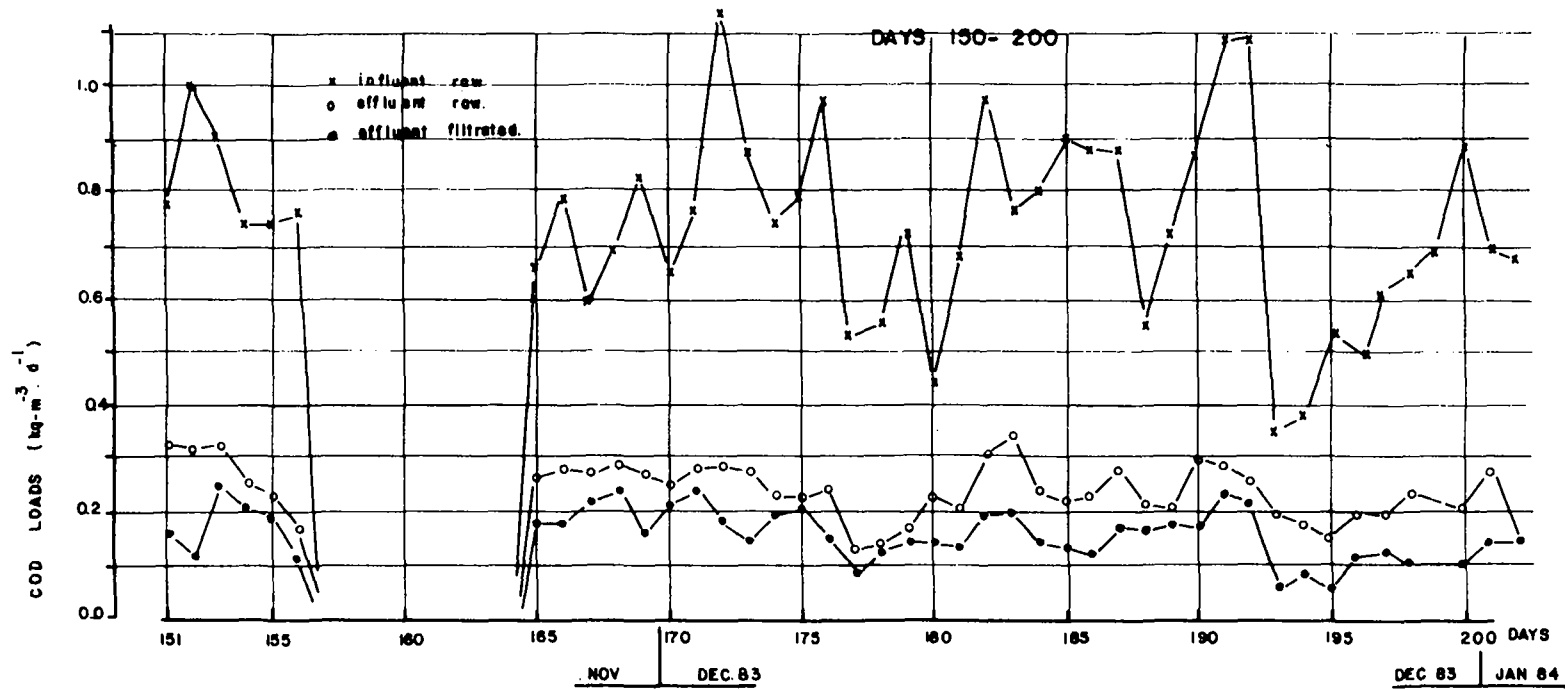
DAYS 100 150

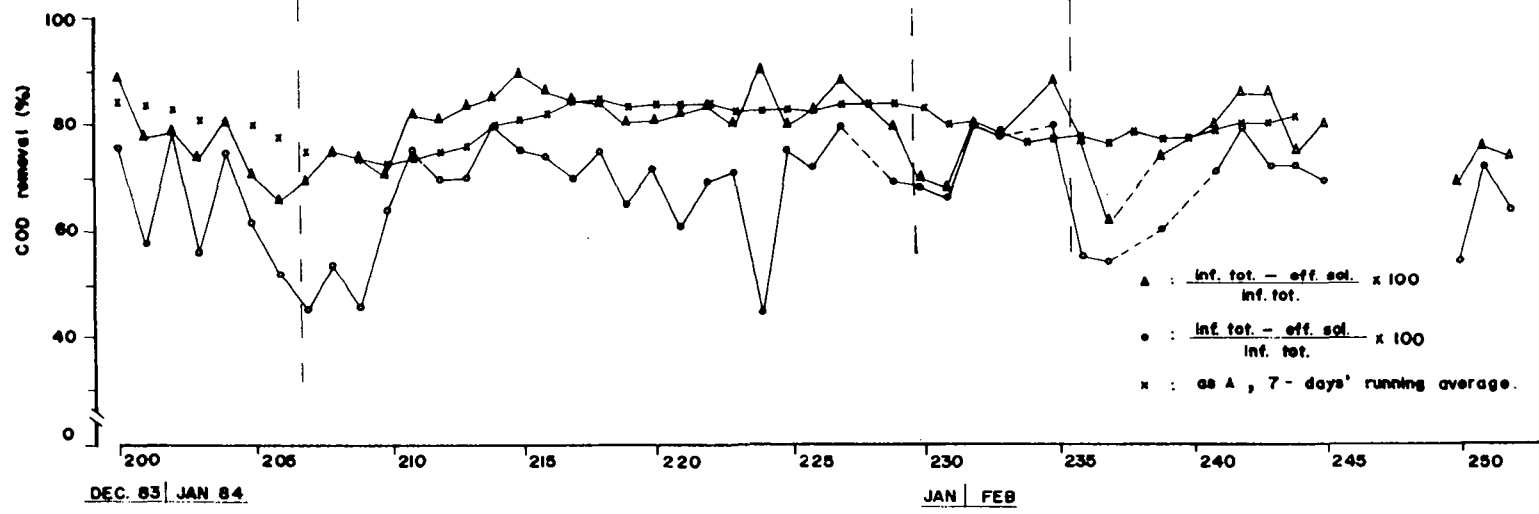
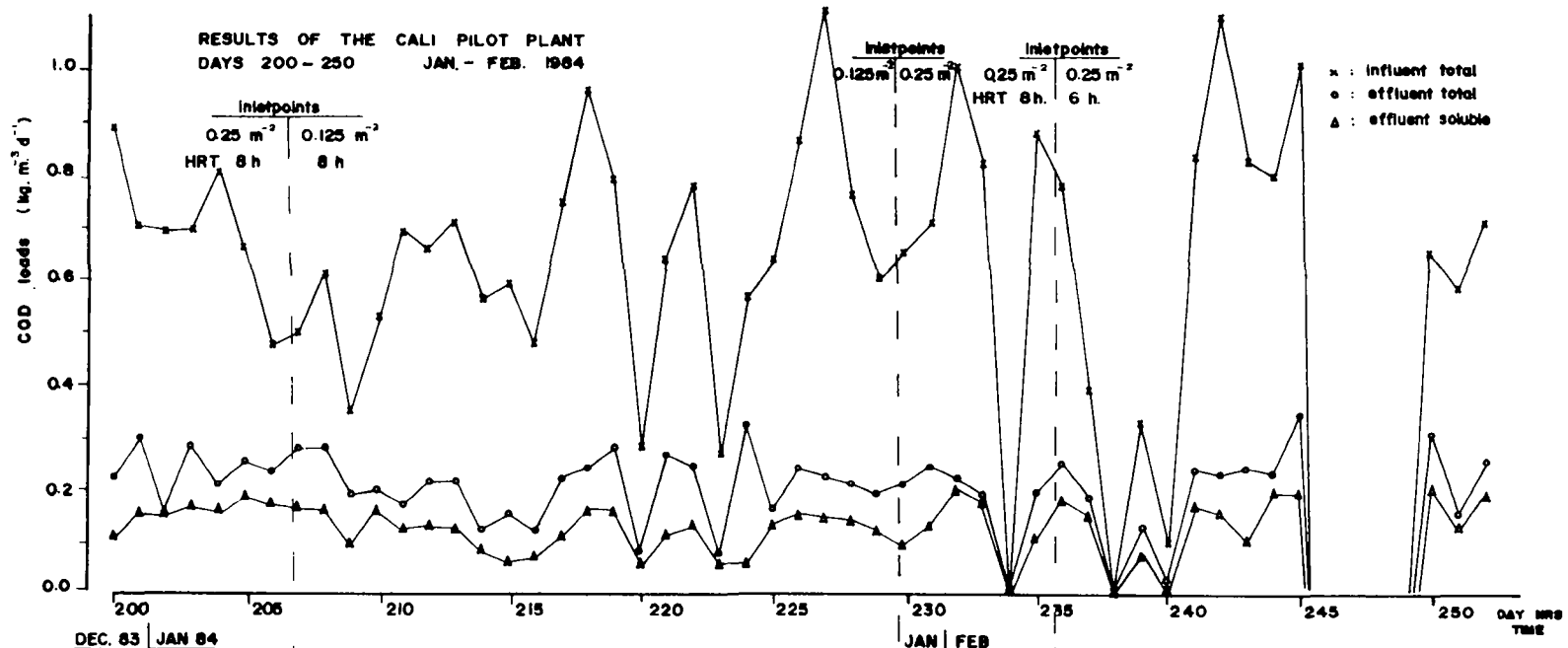
HRT 12 h | HRT 8 h

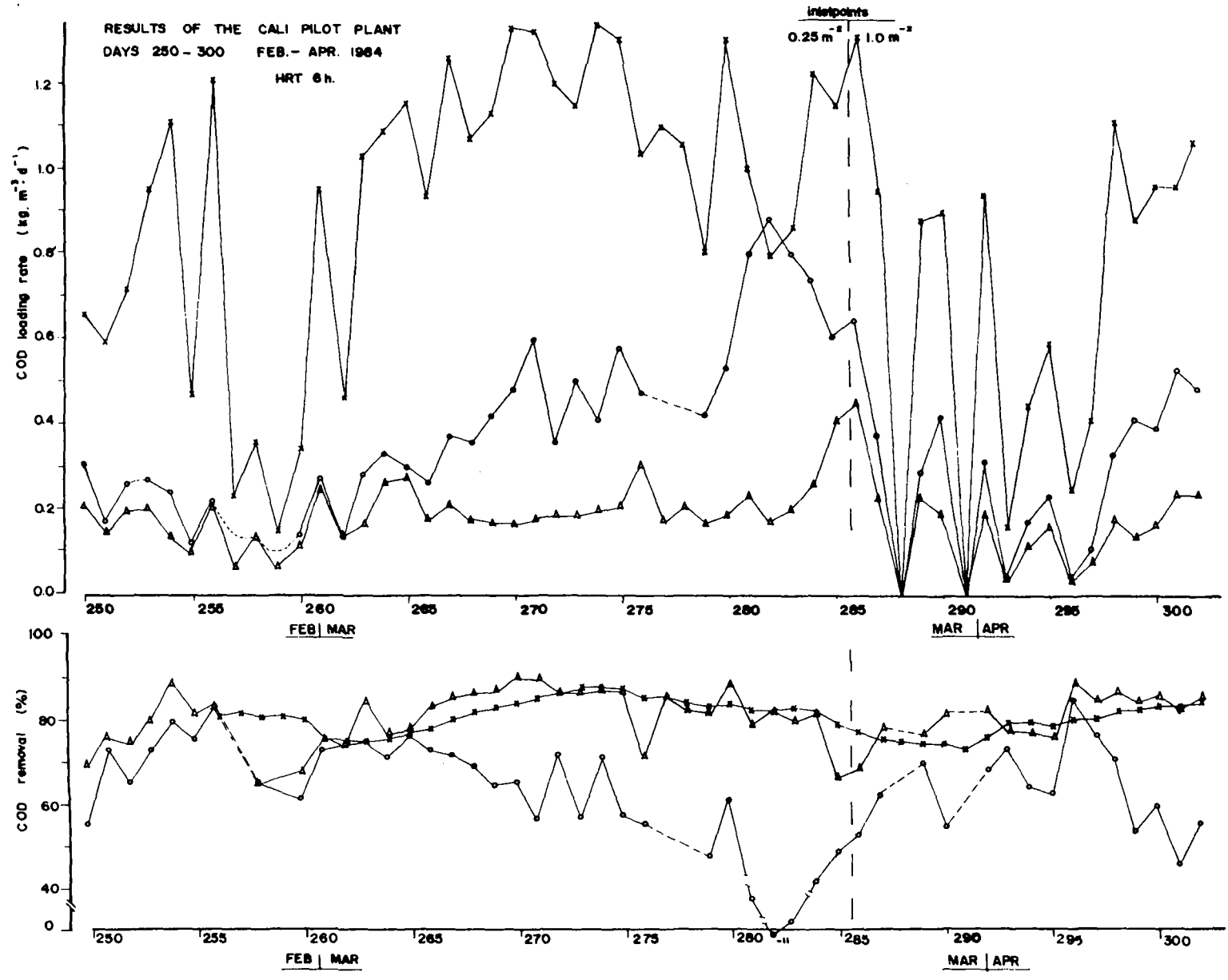


**COD REMOVAL**

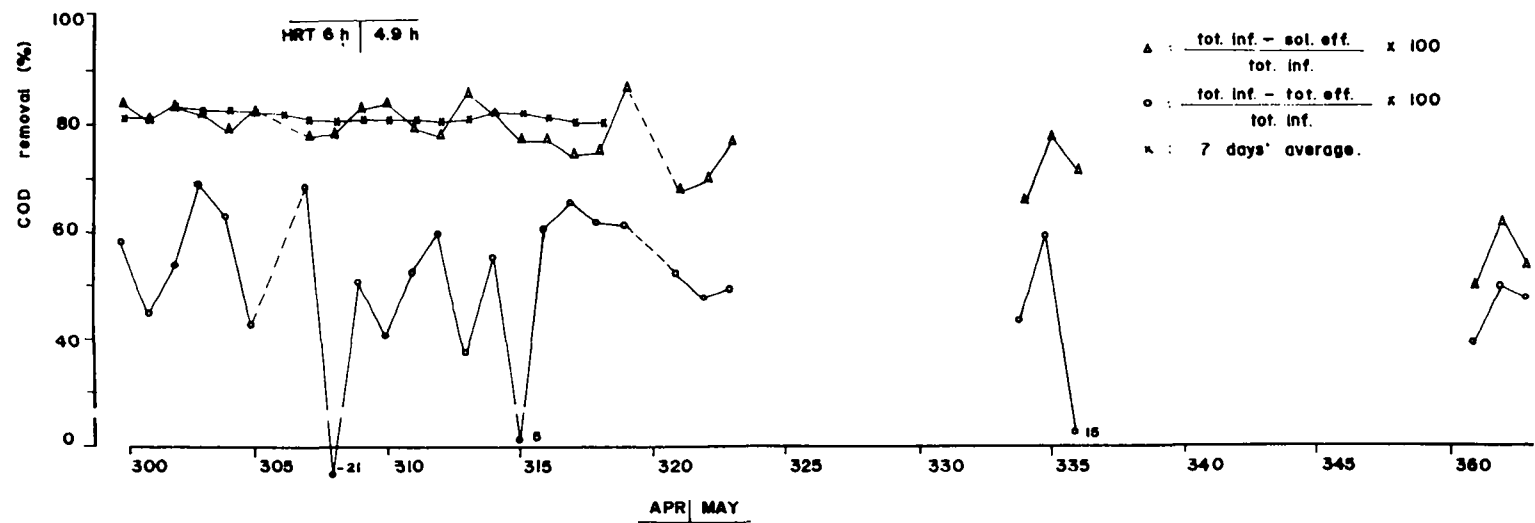
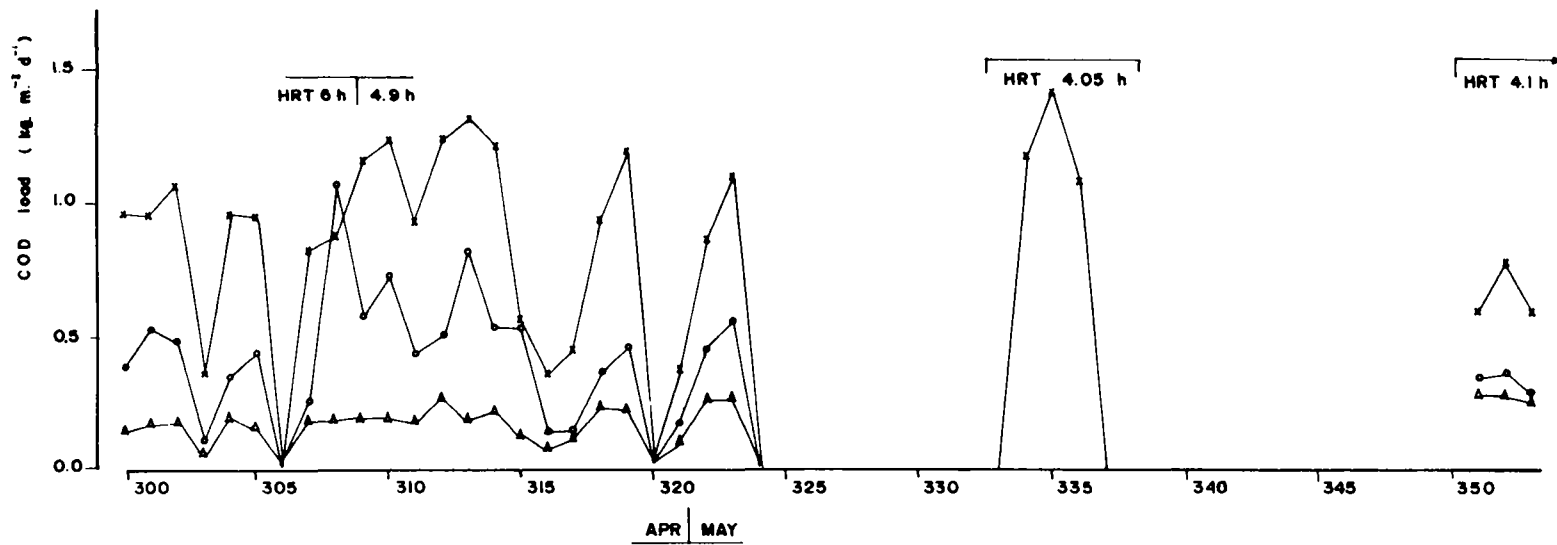




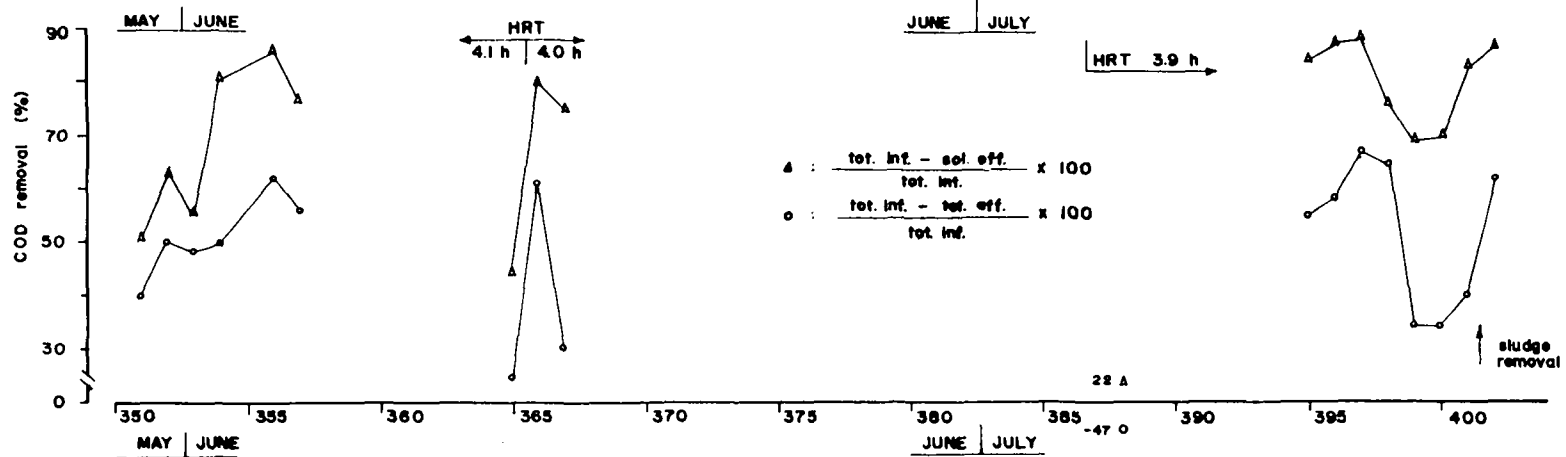
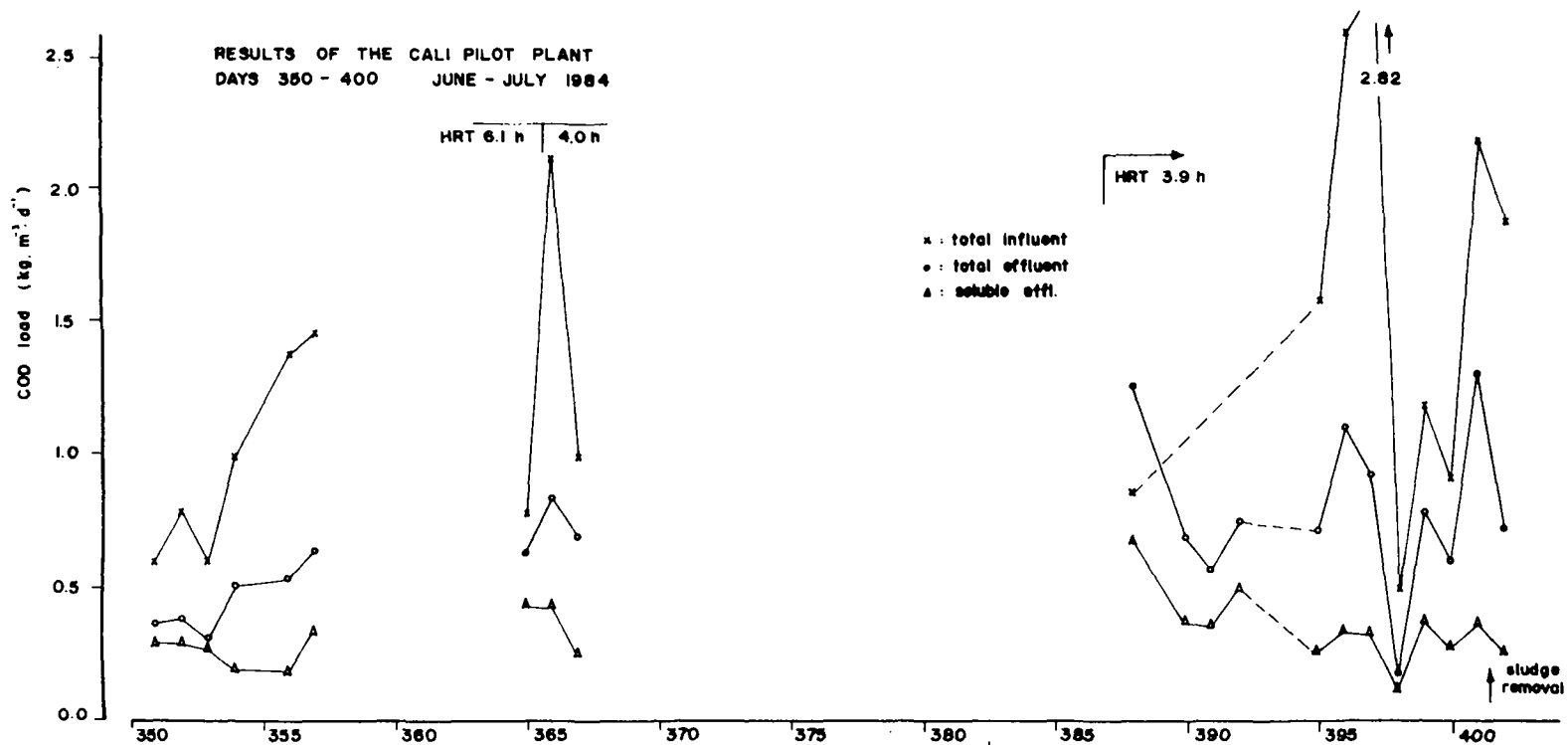


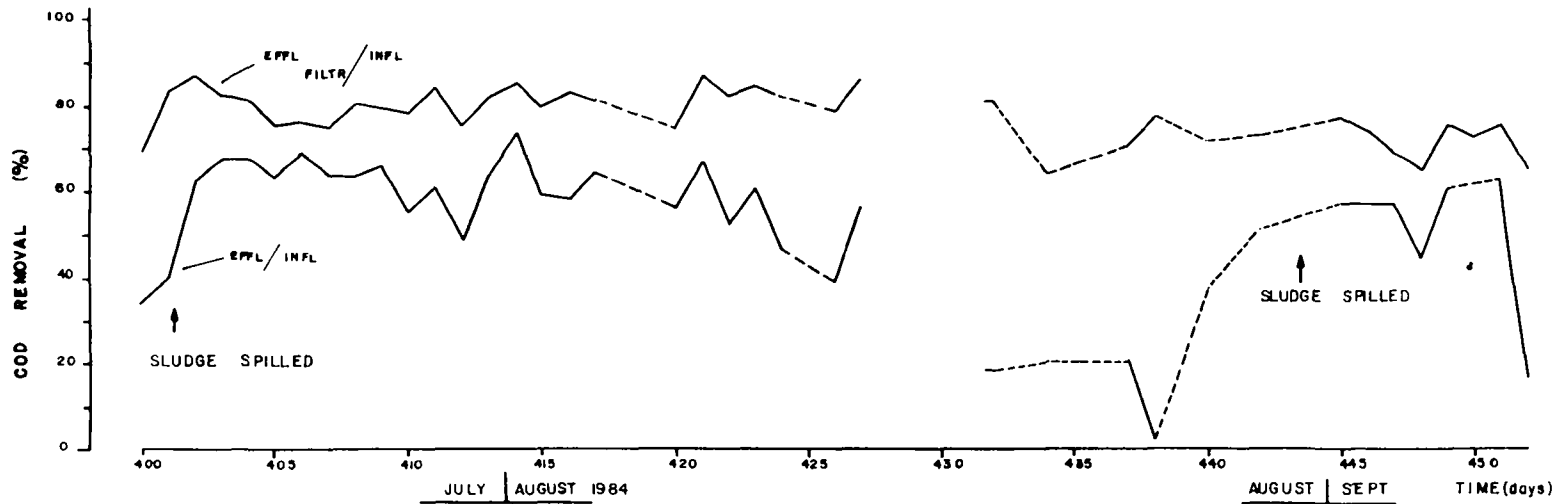
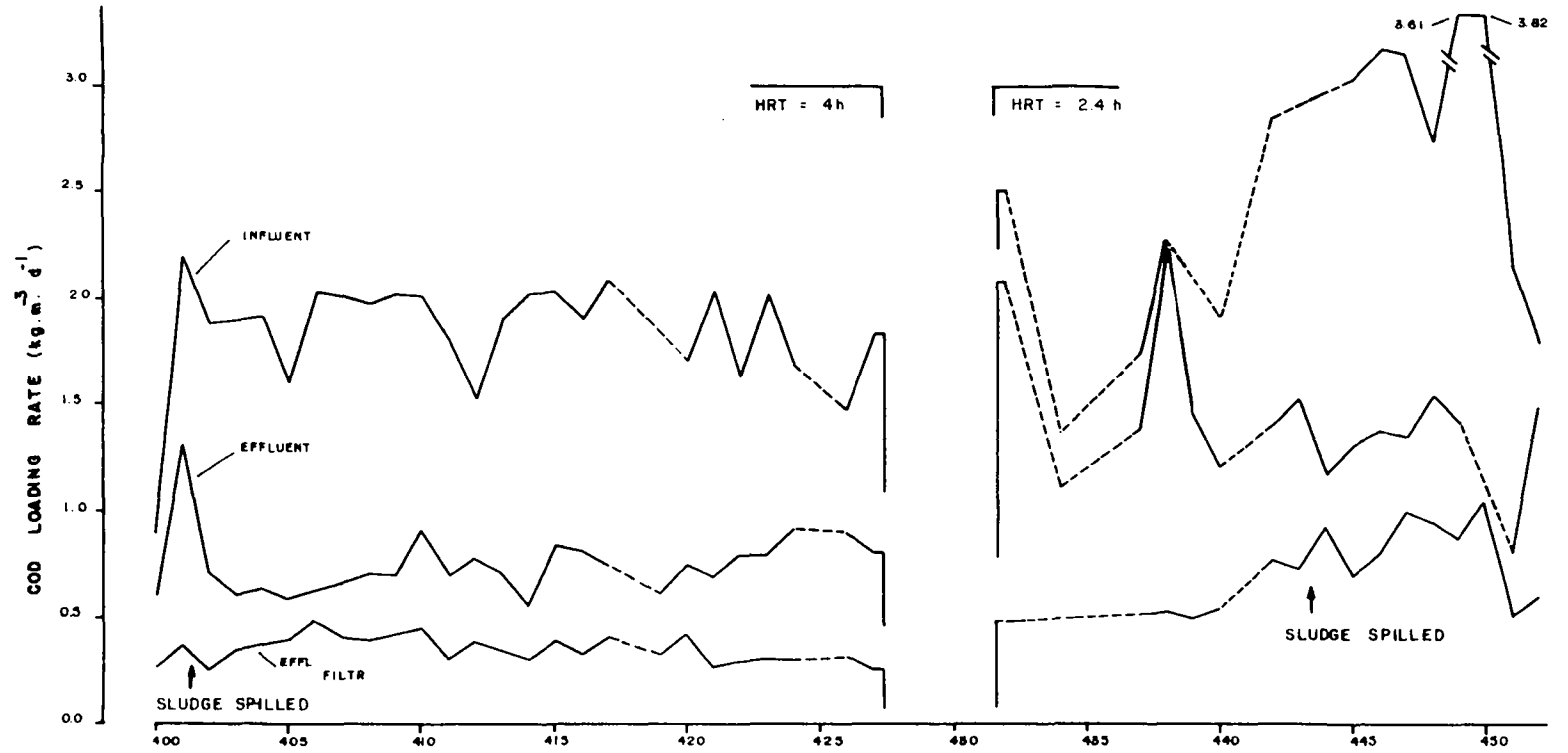


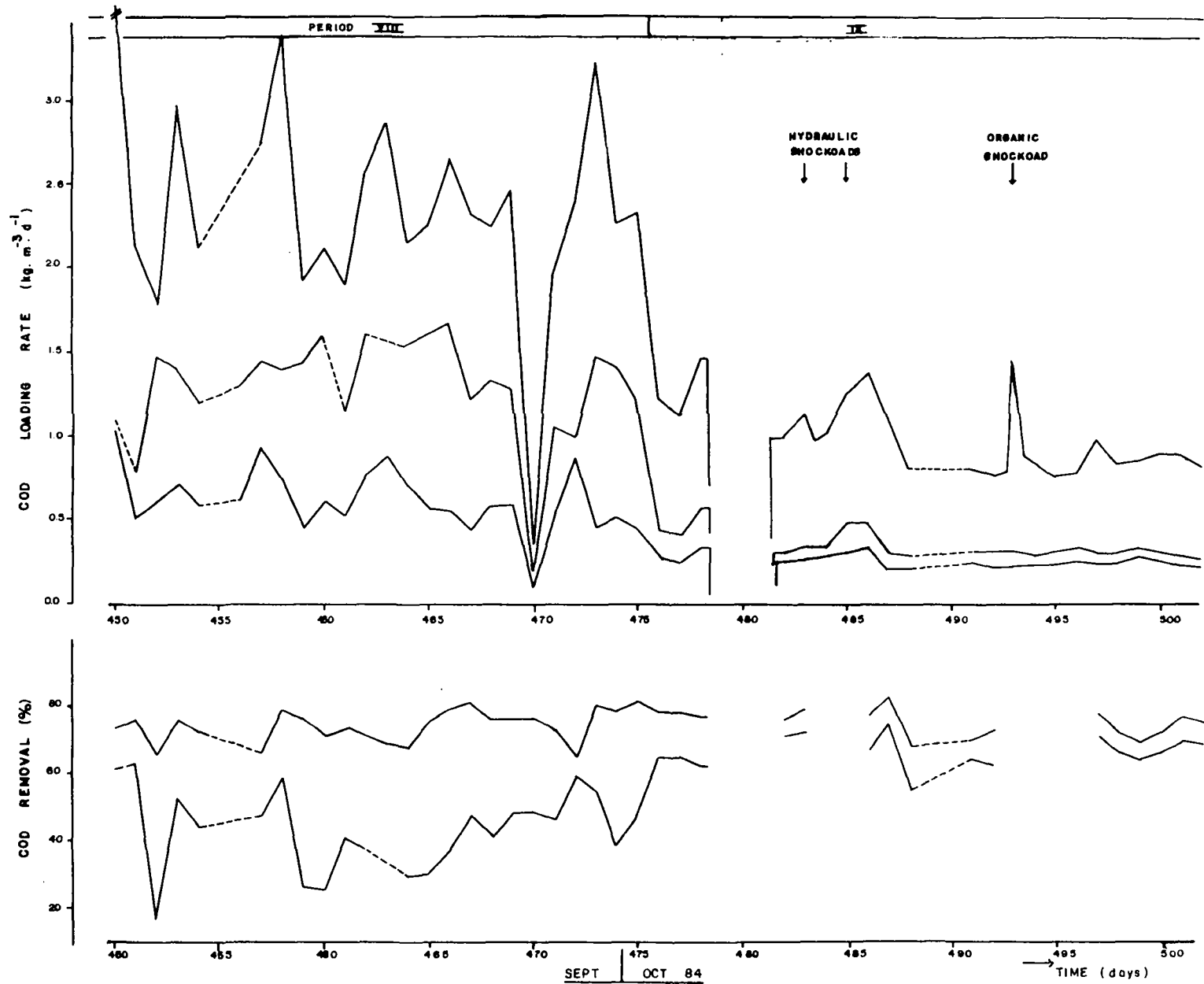
RESULTS OF THE CALI PILOT PLANT  
DAYS 300 - 350 APRIL - MAY 1984

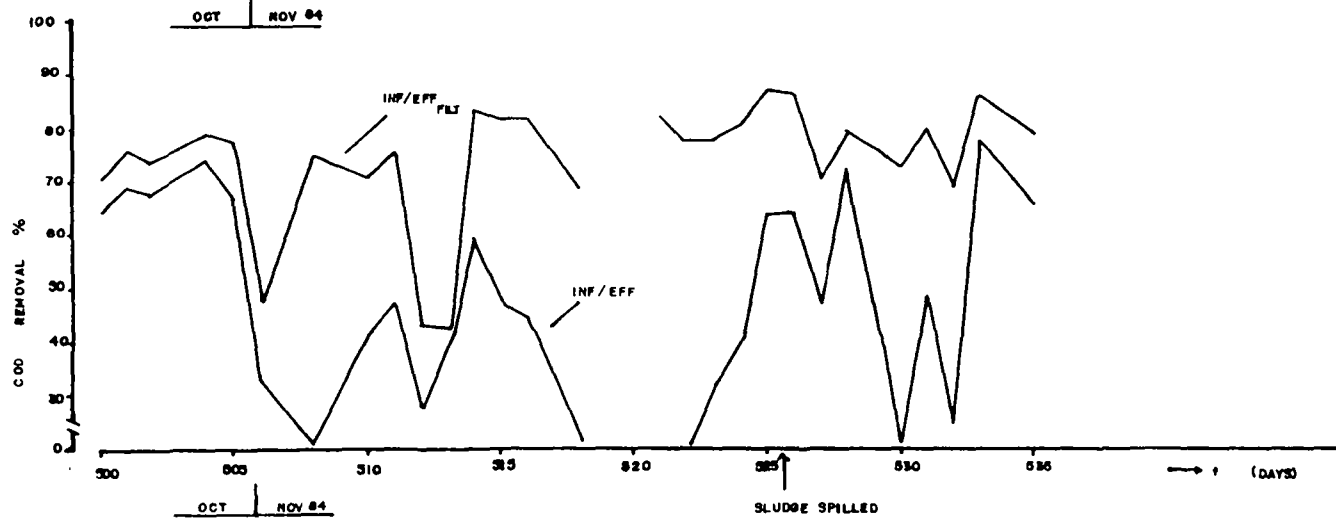
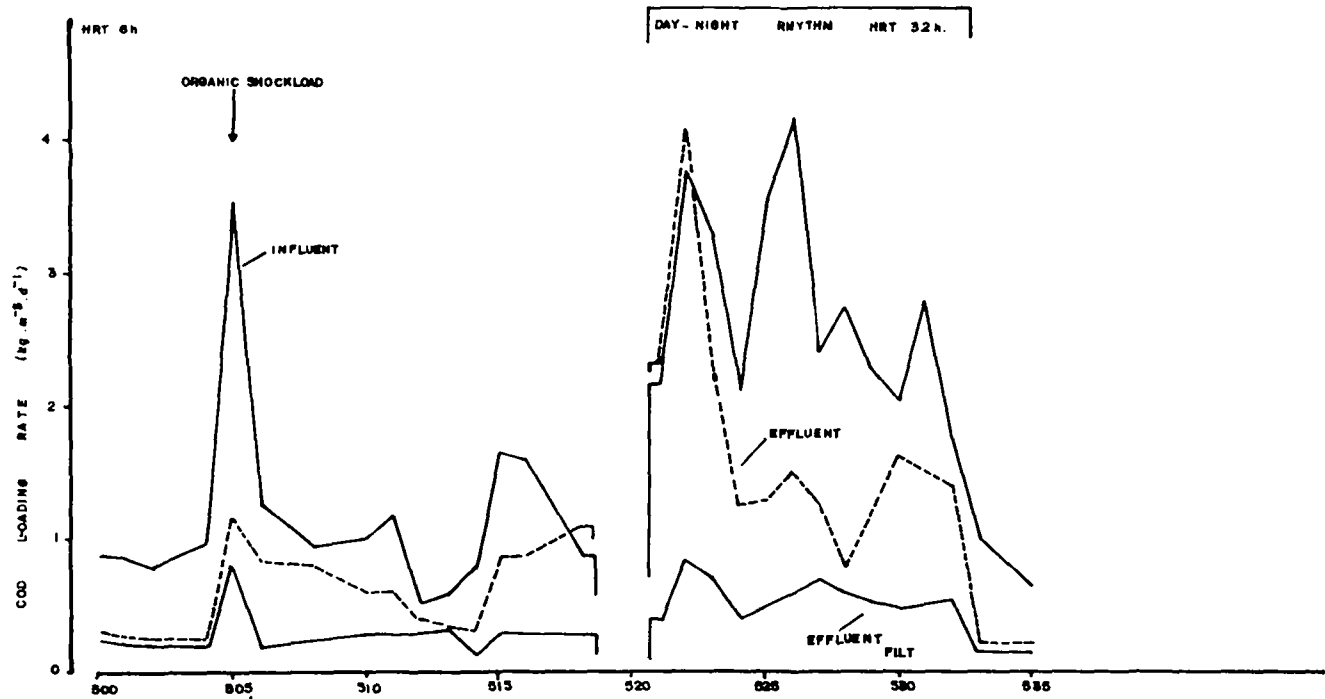


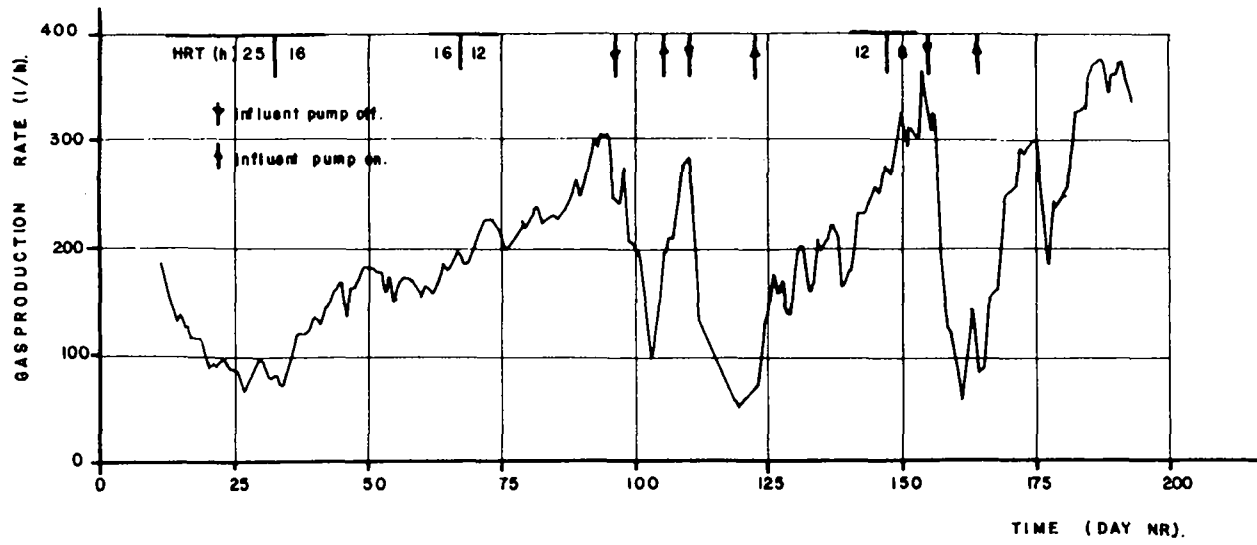




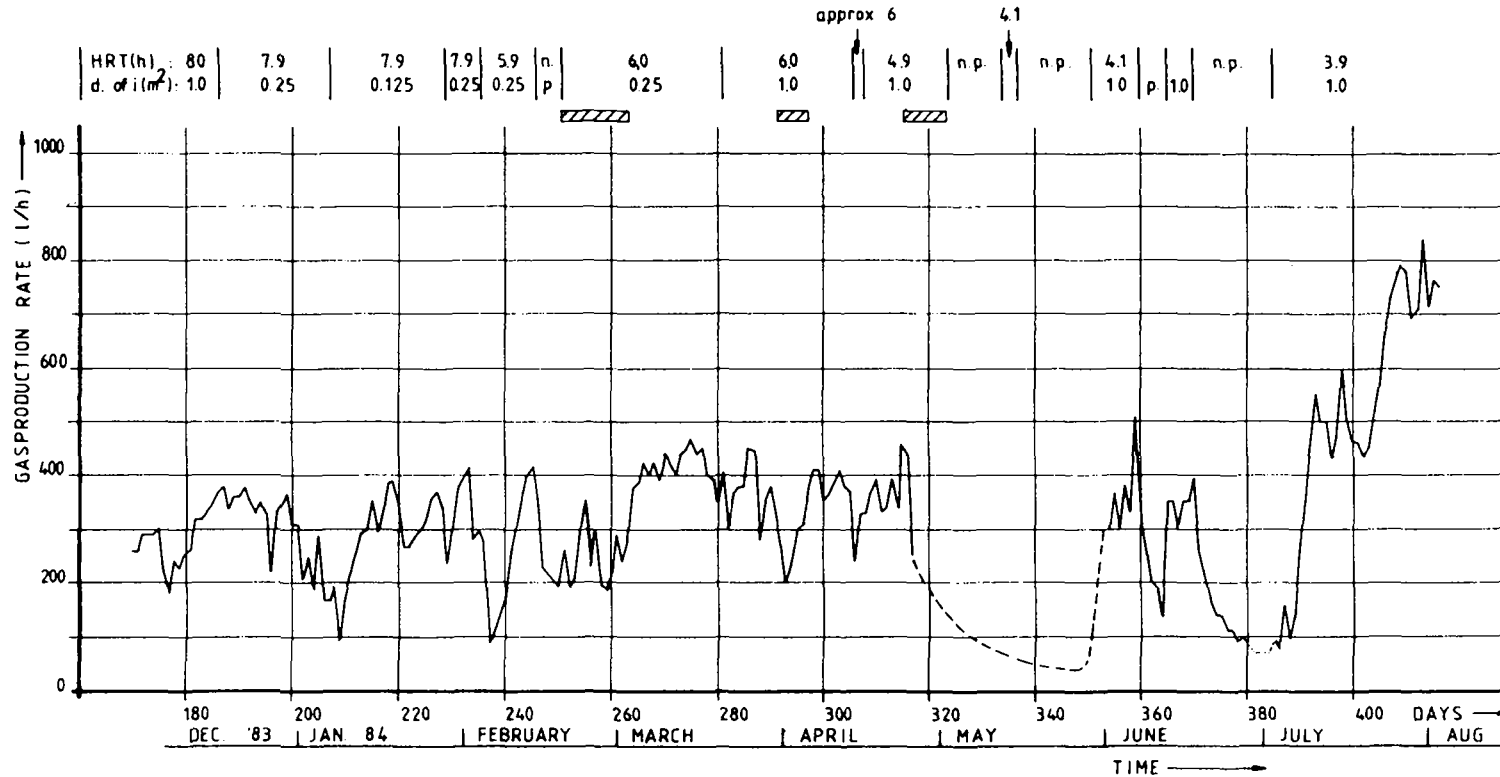






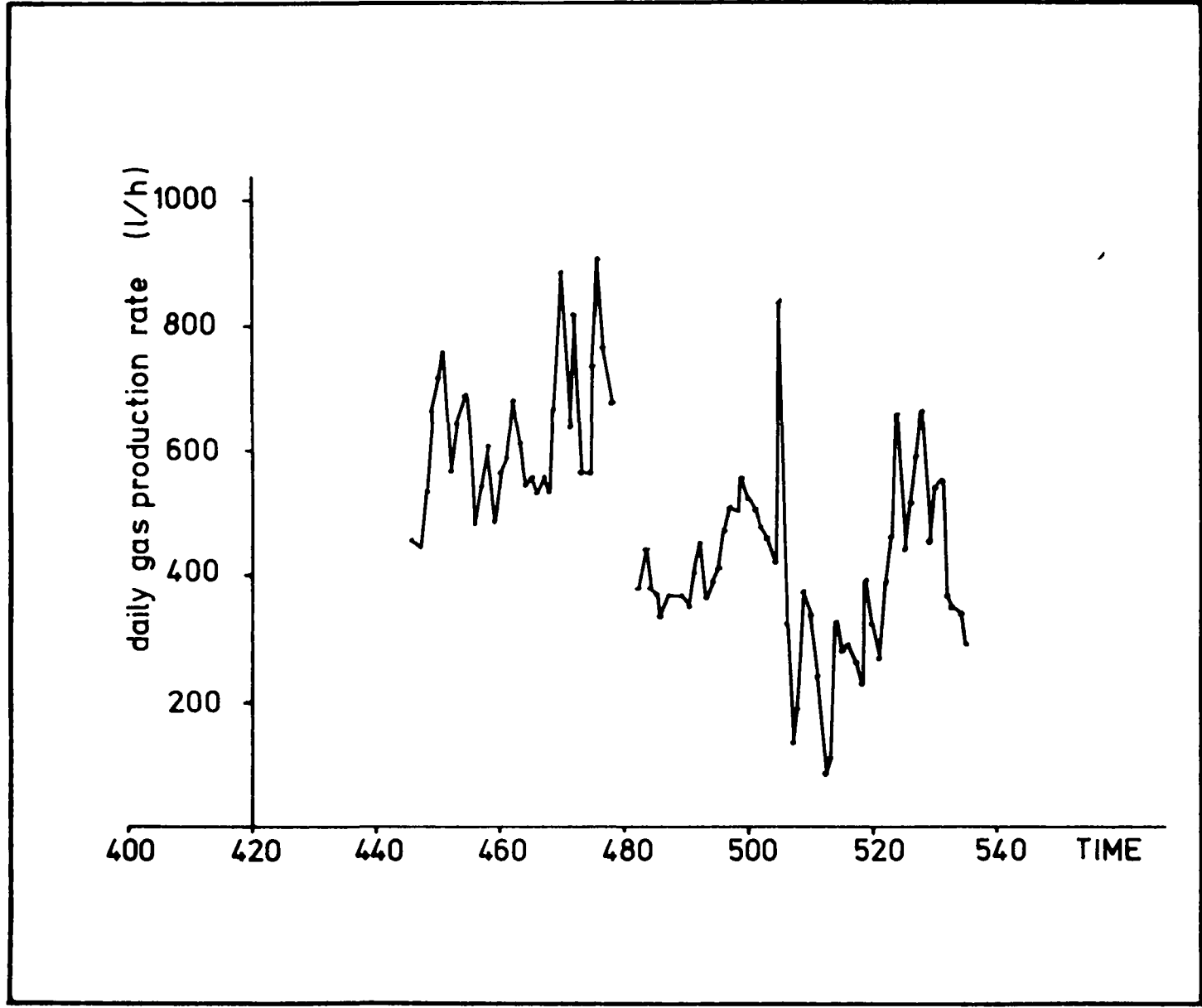


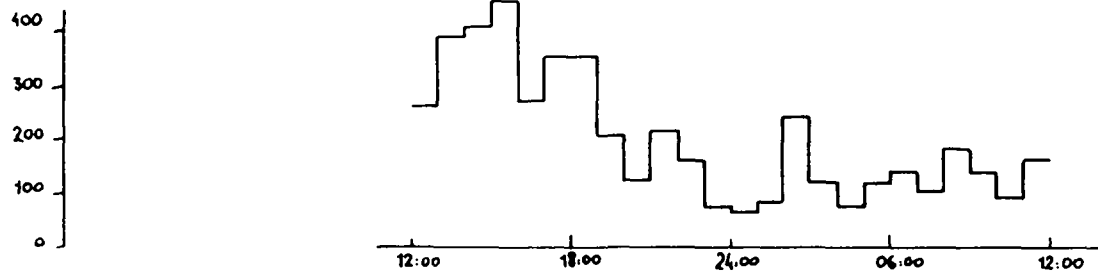
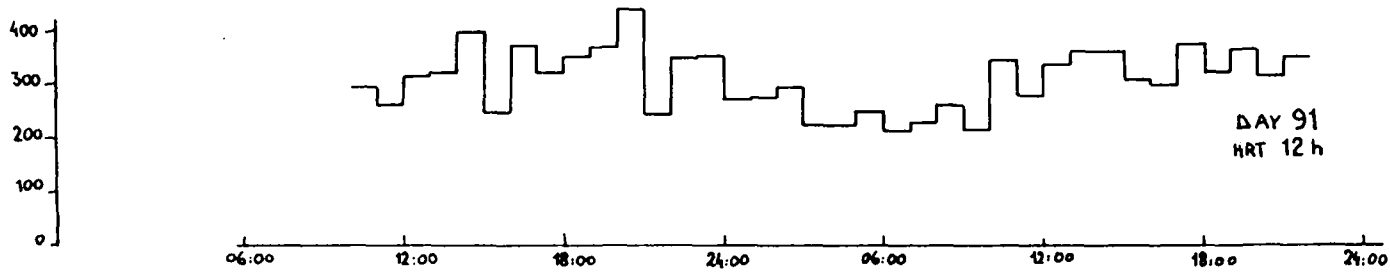
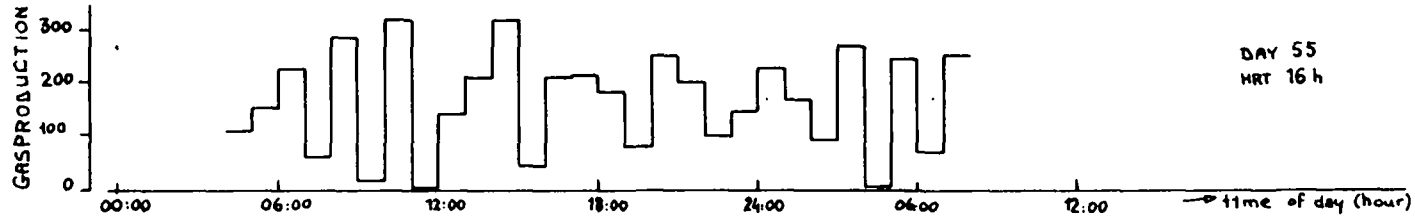
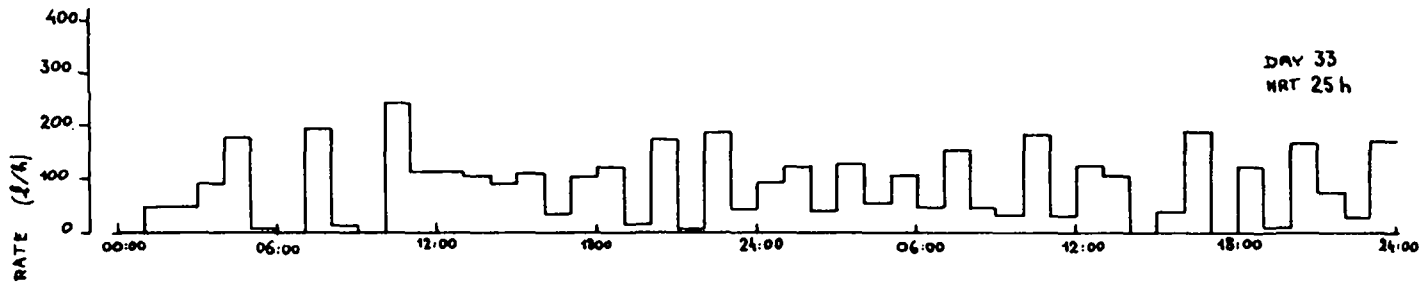
ANNEX 3.4.  
 DAILY GAS PRODUCTION RATE OF THE  
 USB PLANT OVER THE EXPERIMENTAL  
 PERIOD



HRT      hydraulic retention time  
d of i    density of inletpoints  
np        no pumping  
▨▨▨▨    period with many pumpstops

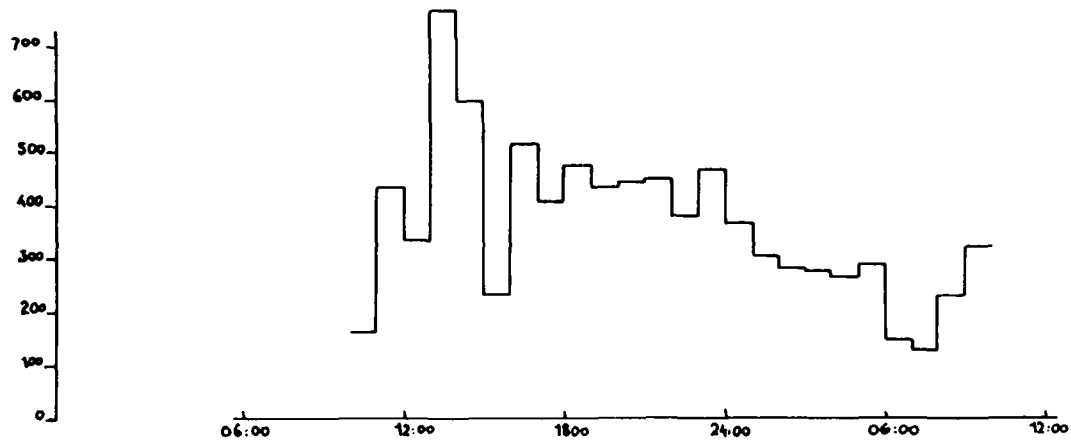
DAILY AVERAGE OF GASPRODUCTION RATE  
DECEMBER 1983 - AUGUST 1984



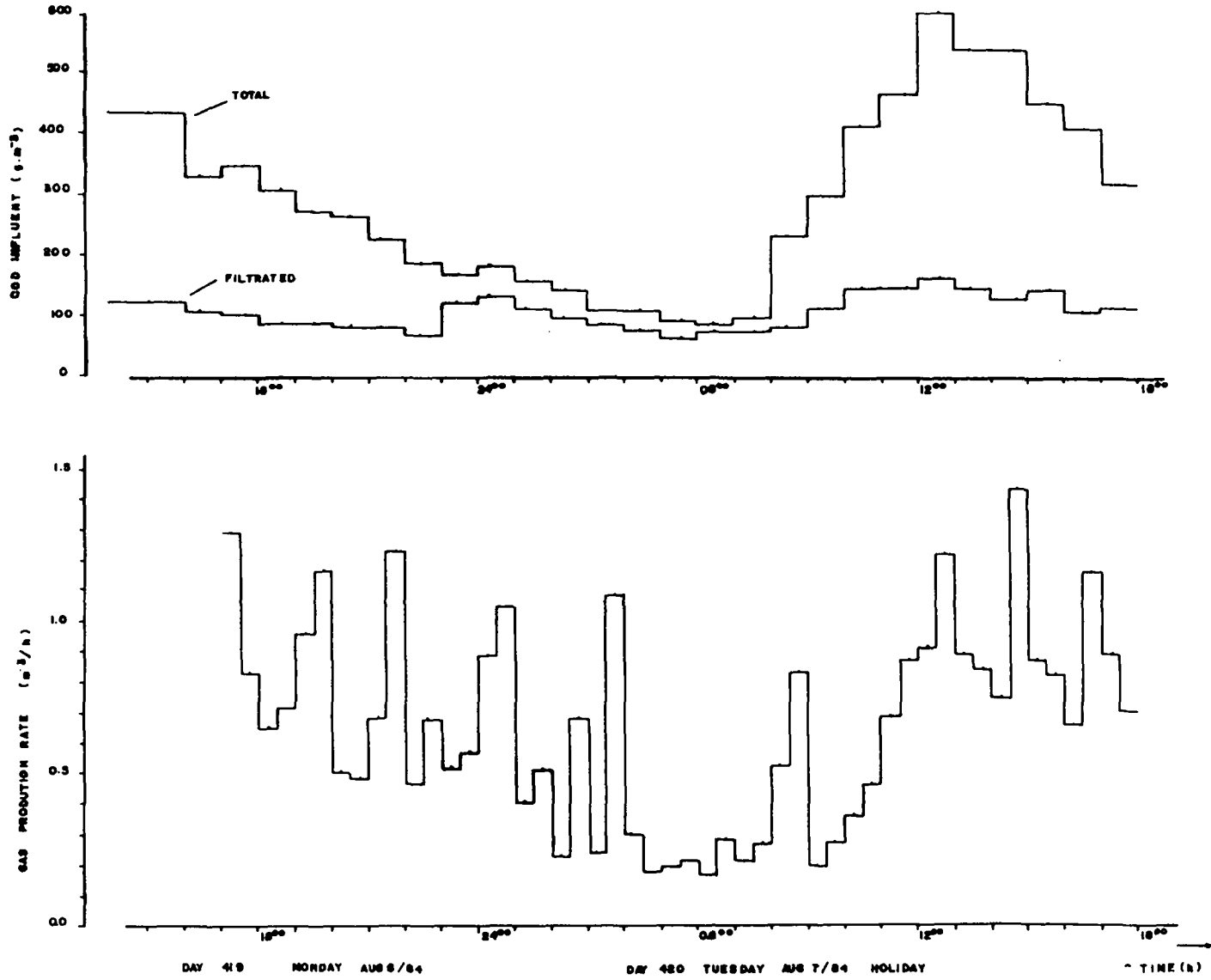


ANNEX 3.5.  
Gas production rate over a 24 hours  
period at various dates





DAY 188  
HAT 8 h



---

## **ANNEX 4**

---

---

## ANNEX 4

Table 1 Results post-treatment - settling tank

Parameter	Settling tank without gaseparator										with gas separator			
	Hydraulic retention time (minutes)										45		60	
	60		45		30*		15*		30		influent	effluent	influent	effluent
	influent	effluent	influent	effluent	influent	effluent	influent	effluent	influent	effluent	influent	effluent	influent	effluent
Daynumbers	405-418	1-14	421-435	17-31	437-451	33-47	452-466	48-62	467-481	63-77	482-514	78-110	515-535	111-131
Temp. (°C)	24.5-25.0	24.5-25.5	23.5-25.5	23.5-27.0	24.0-26.0	24.0-26.0	25.0-26.0	25.5-26.0	25.0-27.0	24.5-26.0	23.0-26.0	22.0-26.0	24.0-25.0	23.0-25.0
pH	6.3-7.2	6.1-7.5	6.8-7.5	6.7-7.6	6.7-7.5	6.7-7.5	7.0-7.4	7.0-7.5	6.5-7.4	6.5-7.4	6.3-7.5	6.3-7.6	6.6-7.2	6.8-7.1
COD-tot. (g/m <sup>3</sup> )	117(14)	82(13)	140(33)	77(33)	138(31)	88(19)	142(15)	98(21)	119(18)	83(4)	93(56)	61(11)	194(83)	75(25)
% removal		30		45		36		31		30		34		61
COD-sol. (g/m <sup>3</sup> )	63(8)	55(8)	51(8)	41(9)	74(19)	61(16)	65(14)	55(11)	57(14)	51(6)	65(38)	48(8)	65(18)	59(13)
% removal		13		20		18		15		11		26		9
BOD <sub>20</sub> tot. (g/m <sup>3</sup> )	36(2)	20(2)	36(-)	26(-)	34(4)	24(3)	33(4)	28(1)	29(-)	17(-)	22(2)	17(4)	55(48)	22(9)
% removal		43		28		30		16		42		23		60
COD/BOD	3.3	4.1	3.9	3.0	4.0	3.7	4.3	3.5	4.1	5.0	4.2	3.6	3.5	3.0
TSS (g/m <sup>3</sup> )	113(95)	44(21)	133(40)	45(15)	102(56)	38(11)	137(48)	64(26)	134(57)	66(25)	70(40)	35(12)	212(258)	43(7)
% removal		61		66		63		53		51		50		80
VSS (g/m <sup>3</sup> )	64(103)	21(11)	56(21)	23(11)	37(17)	15(7)	44(23)	21(12)	50(24)	26(13)	35(25)	17(8)	84(70)	17(6)
% removal		68		59		59		52		48		51		80
N <sub>kj</sub> -N (g/m <sup>3</sup> )	20.2	16.4	-	17.4(-)	15.6(-)	13.5(-)	22.1(-)	15.6	19.9(-)	19.3(-)	18.2(1.8)	14.7(4.7)	16.5	13.9
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> H (g/m <sup>3</sup> )	17.9(1.8)	14.8(0.8)	-	15.8(-)	12.1(-)	12.1(-)	16.6(-)	9.0(1.8)	16.2(-)	16.9(-)	15.6(1.3)	11.1(3.2)	12.6(0.9)	12.6(1.9)
t-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P (g/m <sup>3</sup> )	-	0.2(-)	-	0.4(-)	-	1.5(-)	-	07.(0.4)	-	-	-	-	-	-
Wasted sludge volume l/day		15(11)		28(20)		7(7)		8(9)		24(19)		7(9)		20(20)
sludge TS (kg/m <sup>3</sup> )		25(9)		38(12)		27(20)		25(11)		52(11)		64(21)		167(46)

\* divided settling tank

( ) standard deviation  $\sqrt{n-1}$

## ANNEX 4

Table 2 Results post-treatment - Intermittent slow sandfilter

Parameter	Intermittent slow sand filters surface loading rate (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .day)			
	0.4		0.8	
	influent	effluent	influent	effluent
Daynumbers	103-131	113-141	103-131	113-141
Temp. (°C)	23.5-26.0	22.0-25.0	23.5-26.0	21.5-25.0
pH	6.7-7.6	6.6-7.3	6.7-7.6	6.1-6.9
COD-tot. ( g/m <sup>3</sup> )	76(23)	26(11)	76(23)	26(13)
% removal		66		66
COD-sol. ( g/m <sup>3</sup> )	58(12)	25(13)	58(12)	23(10)
% removal		57		60
BOD <sub>5</sub> <sup>20</sup> -tot. ( g/m <sup>3</sup> )	21(8)	2(1)	21(8)	3(2)
% removal		90		85
COD/BOD	3.6	13	3.6	8.4
TSS ( g/m <sup>3</sup> )	40(8)	11(5)	40(8)	13(11)
% removal		74		68
VSS ( g/m <sup>3</sup> )	14(6)	5(3)	14(6)	4(4)
% removal		69		70
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N (g/m <sup>3</sup> )		0.02(-)		0.02(-)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (g/m <sup>3</sup> )		0.00-19		0.00-23

( ) standard deviation  $\sigma_{n-1}$

## ANNEX 4

Table 3 Results post-treatment - Trickling filter

Parameter	Trickling filter surface loading ( $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-day}$ )					
	10		10		20	
	influent	effluent	influent	effluent	influent	effluent
Daynumbers	8-63	1-56	64-77	57-70	78-131	71-124
Temp. ( $^{\circ}\text{C}$ )	23.5-27	20.0-26.0	24.0-26.0	23.0-25.0	23.5-26.5	21.0-27.0
pH	6.7-7.5	7.8-8.5	6.5-7.4	7.1-8.4	6.3-7.6	7.5-8.5
COD-tot. ( $\text{g}/\text{m}^3$ )	83(21)	91(39)	82(4)	64(24)	67(20)	56(12)
% removal		0		22		16
COD-sol. ( $\text{g}/\text{m}^3$ )	54(10)	43(7)	52(6)	44(3)	52(13)	45(10)
% removal		20		15		13
BOD <sub>5</sub> <sup>20</sup> -tot. ( $\text{g}/\text{m}^3$ )	25(3)	26(10)	17(-)	16(-)	19(7)	15(6)
% removal		0		5		20
COD/BOD	3.4	3.5	4.9	4.1	3.5	3.7
TSS ( $\text{g}/\text{m}^3$ )	58(26)	81(58)	70(38)	59(56)	37(11)	29(11)
% removal		0		16		22
VSS ( $\text{g}/\text{m}^3$ )	24(11)	28(20)	26(17)	14(14)	15(8)	15(6)
% removal		0		46		0
N <sub>kj</sub> -N ( $\text{g}/\text{m}^3$ )	12.5(3.9)	14.3(2.9)	19.3(-)	16.0(-)	13.8(3.8)	12.9(3.4)
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N ( $\text{g}/\text{m}^3$ )	11.1(3.9)	12.0(2.8)	16.9(-)	14.3(-)	11.7(2.6)	10.9(2.5)
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N ( $\text{g}/\text{m}^3$ )	-	0.5(0.1)	-	0.5(-)	-	0.3(0.2)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N ( $\text{g}/\text{m}^3$ )	-	0.9(0.1)	-	1.1(0.4)	-	1.1(0.6)
t-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P ( $\text{g}/\text{m}^3$ )	0.6(0.6)	2.1(2.1)	-	-	-	-

( ) standard deviation  $\sigma_{n-1}$

## ANNEX 4

Table 4 Results post-treatment - Anaerobic filter

Parameter	Anaerobic filter Hydraulic retention time (minutes)					
	90		45		20	
	influent	effluent	influent	effluent	influent	effluent
Daynumbers	405-436	1-32	480-504	76-100	505-535	101-131
Temp. (°C)	23.5-25.5	22.0-29.0	23.5-26.0	22.5-27.0	23.0-25.0	21.5-26.5
pH	6.3-7.2	6.7-7.8	6.3-7.5	6.5-7.5	6.3-7.5	6.5-7.5
COD-tot. ( g/m <sup>3</sup> )	126(26)	58(43)	73(5)	55(20)	160(85)	82(33)
% removal		54		25		49
COD-sol. ( g/m <sup>3</sup> )	58(10)	43(6)	57(6)	45(10)	63(19)	53(16)
% removal		26		21		16
BOD <sub>5</sub> <sup>20</sup> -tot. ( g/m <sup>3</sup> )	35(1)	10	22(2)	15(3)	47(43)	20(9)
% removal		71		32		57
COD/BOD	3.6	5.7	3.3	3.7	3.4	4.1
TSS ( g/m <sup>3</sup> )	121(78)	20(7)	50(25)	23(17)	175(219)	52(25)
% removal		83		54		70
VSS ( g/m <sup>3</sup> )	61(79)	8(7)	24(18)	12(8)	73(62)	23(11)
% removal		87		50		68

( ) standard deviation  $\sigma_{n-1}$

## ANNEX 4

Table 5 Results post-treatment - Maturation pond

Parameter	maturation pond hydraulic retention time (days)					
	10		5		5 *	
	influent	effluent	influent	effluent	influent	effluent
Daynumbers	412-453	1-42	454-488	43-77	514-535	103-124
Temp. (°C)	24.0-26.0	24.5-29.5	25.0-25.5	23.9-27.6	24.0-25.0	23.0-27.0
pH	6.3-7.4	6.9-9.8	6.3-7.5	7.0-9.9	6.6-7.5	7.3-9.0
COD-tot. (g/m <sup>3</sup> )			120(30)	80(7)	181(87)	77(24)
% removal				33		57
COD-sol. (g/m <sup>3</sup> )	63(17)	62(8)	60(14)	51(10)		
% removal		2		15		
BOD <sub>5</sub> <sup>20</sup> -tot. (g/m <sup>3</sup> )			26(4)	13(5)	55(48)	13(11)
% removal				50		76
BOD <sub>5</sub> <sup>20</sup> -sol. (g/m <sup>3</sup> )	31(9)	8(2)	21(3)	9(1)		
% removal		74		57		
COD/BOD	2.0	7.7	4.6	6.2	3.3	5.8
TSS (g/m <sup>3</sup> )	121(70)	18(10)	125(57)	36(17)	146(57)	58(23)
% removal		85		71		60
VSS (g/m <sup>3</sup> )	44(20)	11(8)	44(24)	20(10)	4(68)	31(14)
% removal		75		55		63
N <sub>kj</sub> -N (g/m <sup>3</sup> )	18.9(-)	12.8(-)	20.1(0.4)	16.0(2.3)	7.3(-)	8.4(-)
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (g/m <sup>3</sup> )	15.6(4.9)	9.8(1.2)	16.8(0.8)	11.6(0.9)	2.6(0.9)	6.2(0.6)
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N (g/m <sup>3</sup> )		0(-)		0.09(0.13)		0.03(0.01)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (g/m <sup>3</sup> )		0.22(0.01)		0.10(0.10)		0.15(0.08)
t-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P (g/m <sup>3</sup> )	0.37(0.30)	1.00(0.95)	0.18(-)	0.86(0.72)	-(-)	-(-)

( ) standard deviation  $\sigma_{n-1}$ 

\* depth pond 0.65 m



## ANNEX 4

Table 6 Results post-treatment - Duckweed lagoon

Parameter	duckweed lagoon		Hydraulic retention time (days)			
			2.5		1	
	influent	effluent	influent	effluent	influent	effluent
Daynumbers	414-455	1-42	456-510	43-97	511-535	98-122
Temp.(°C)	24.0-26.0	21.0-28.0	24.5-25.5	21.0-29.0	24.0-25.0	20.0-27.0
pH	6.8-7.4	7.1-7.6	6.8-7.4	6.8-7.7	6.6-7.5	6.9-7.2
Duckweed						
Relative growthrate(g/g.d)	-	0.12(0.09)	-	0.05(0.06)	-	0.08(0.05)
dry weight (%)	-	4.3(0.5)	-	3.5(0.5)	-	4.1(0.2)
crude protein (%dry weight)	-	4.2(-)	-	4.9(1.7)	-	-
COD-tot.( g/m <sup>3</sup> )	135(28)	55(13)	109(33)	78(25)	166(89)	67(15)
% removal		59		28		60
COD-sol.( g/m <sup>3</sup> )	63(17)	51(19)	60(15)	53(9)	62(17)	55(23)
% removal		19		12		11
BOD <sub>5</sub> <sup>20</sup> -tot.( g/m <sup>3</sup> )	35(3)	8(1)	27(6)	13(3)	55(48)	13(9)
COD/BOD	3.9	6.6	4.1	6.1	3.0	5.2
TSS ( g/m <sup>3</sup> )	122(73)	12(5)	105(59)	29(16)	141(60)	30(10)
% removal		90		73		79
VSS ( g/m <sup>3</sup> )	43(20)	5(5)	41(24)	9(5)	65(26)	14(5)
% removal		88		78		79
N <sub>kj</sub> -N( g/m <sup>3</sup> )	18.7(-)	-	18(3)	17(0.3)	17.3(0.8)	11.7(1.3)
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N( g/m <sup>3</sup> )	15.3(3.1)	8.1(0.5)	16(1)	12(2)	12.6(0.9)	9.0(1.3)
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N(g/m <sup>3</sup> )	-	0	-	0.01(0.01)	-	0.03(0)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N(g/m <sup>3</sup> )	-	0.2(0.01)	-	0.2(0.1)	-	0.1(0.03)

( ) standard deviation  $\sigma_{n-1}$

## ANNEX 4

Table 7

Li<sup>+</sup> - HRT measurement divided settlerHRT = 30 min. 30-08-1984 0.33 g.Li<sup>+</sup> added

Time (min)	Sample nr	Li <sup>+</sup> conc. (mg/l)	Σ Li <sup>+</sup> (mg)	Time (min.)	Sample nr	Li <sup>+</sup> conc. (mg/l)	Σ Li <sup>+</sup> (mg)
0	0	0.01	0	32	31	0.25	225
1	1	0.02	0.14	34	32	0.22	231
2	2	0.01	0.14	36	33	0.215	237
3	3	0.01	0.14	38	34	0.215	243
4	4	0.02	0.28	40	35	0.21	249
5	5	0.13	1.96	42	36	0.19	254
6	6	0.445	8.05	44	37	0.18	259
7	7	0.90	20.5	46	38	0.16	264
8	8	0.98	34.1	48	39	0.16	268
9	9	0.97	47.5	50	40	0.155	273
10	10	0.915	60.2	52	41	0.14	277
11	11	0.875	72.3	54	42	0.12	280
12	12	0.835	83.9	56	43	0.11	283
13	13	0.86	95.8	58	44	0.10	286.
14	14	0.83	107	60	45	0.105	289
15	15	0.78	118	62	46	0.105	292
16	16	0.735	128	64	47	0.095	294
17	17	0.705	138	66	48	0.09	297
18	18	0.70	148	68	49	0.08	299
19	19	0.64	156	70	50	0.07	301
20	20	0.555	164	72	51	0.065	303
21	21	0.53	171	74	52	0.06	305
22	22	0.50	178	76	53	0.06	306
23	23	0.48	185	78	54	0.06	308
24	24	0.445	191	80	55	0.045	309
25	25	0.42	197	82	56	0.04	310
26	26	0.365	202	84	57	0.04	312
27	27	0.34	206	86	58	0.04	312
28	28	0.30	210	88	59	0.03	313
29	29	0.27	214	90	60	0.04	314
30	30	0.28	218				

## ANNEX 4

Table 8

Li<sup>+</sup> - HRT measurement divided settler

HRT = 15 min date: 20.09.84 15.00 hours

Sample no.	Time (min.)	t/T	Li <sup>+</sup> (mg/l)
0	0	0	0.02
1	0.5	0.033	0.02
2	1	0.067	0.01
3	1.5	0.10	0.13
4	2	0.133	0.90
5	2.5	0.167	2.06
6	3	0.2	1.6
7	3.5	0.233	1.35
8	4	0.267	0.40
9	4.5	0.3	0.61
10	5	0.333	0.42
11	5.5	0.367	0.31
12	6	0.4	0.3
14	7	0.47	0.3
15	7.5	0.5	0.3
16	8	0.53	0.38
17	8.5	0.57	0.40
18	9	0.6	0.43
19	9.5	0.63	0.48
20	10	0.67	0.45
21	10.5	0.7	0.46
22	11	0.73	0.46
23	11.5	0.77	0.44
24	12	0.8	0.43
25	12.5	0.83	0.43
26	13	0.87	0.39
27	13.5	0.9	0.36
28	14	0.93	0.36
29	14.5	0.97	0.33
30	15	1.0	0.33
31	16	1.07	0.33
32	17	1.13	0.33
33	18	1.2	0.30
34	19	1.27	0.30
35	20	1.33	0.28
36	21	1.4	0.25
37	22	1.47	0.25
38	23	1.53	0.22
39	24	1.6	0.23
40	25	1.67	0.20
41	26	1.73	0.18
42	27	1.8	0.18
43	28	1.87	0.18
44	29	1.93	0.20
45	30	2.0	0.18

## ANNEX 4

Table 8 (continued)

Li<sup>+</sup> - HRT measurement divided settler

HRT = 15 min date: 20.09.84 15.00 hours

Time (min.)	Sample no.	t/T	Li <sup>+</sup> (mg/l)
46	31	2.07	0.15
47	32	2.13	0.15
48	33	2.2	0.13
49	34	2.27	0.11
50	35	2.33	0.10
51	36	2.4	0.10
52	37	2.47	0.10
53	38	2.53	0.10
54	39	2.6	0.10
55	40	2.67	0.09
56	41	2.73	0.09
57	42	2.8	0.08
58	43	2.87	0.08
59	44	2.93	0.08
60	45	3.0	0.08

blank 30 min. = 0.05

blank end = 0.05

## ANNEX 4

Table 9

Li<sup>+</sup> - HRT measurement settler with gas separator

HRT = 45 min. 09-11-1984

sample nr	t (min)	t/T	Li <sup>+</sup> conc (mg/l)	sample nr	t (min)	t/T	Li <sup>+</sup> conc (mg/l)
0	0	-	0.02	31	48	1.07	0.19
0	45	-	0.02	32	51	1.13	0.18
0	90	-	0.018	33	54	1.2	0.16
1	1.5	0.03	0.292	34	57	1.27	0.17
2	3	0.07	0.145	35	60	1.33	0.14
3	4.5	0.1	0.22	36	63	1.4	0.12
4	6	0.13	0.312	37	66	1.47	0.12
5	7.5	0.17	0.371	38	69	1.53	0.11
6	9	0.2	0.379	39	72	1.6	0.10
7	10.5	0.23	0.386	40	75	1.67	0.09
8	12	0.27	0.38	41	78	1.73	0.07
9	13.5	0.3	0.37	42	81	1.8	0.07
10	15	0.33	0.36	43	84	1.87	
11	16.5	0.37	0.37	44	87	1.93	0.06
12	18	0.4	0.37	45	90	2.0	
13	19.5	0.43	0.36	46	93	2.07	0.06
14	21	0.47	0.35	47	96	2.13	
15	22.5	0.5	0.35	48	99	2.2	0.05
16	24	0.53	0.35	49	102	2.27	
17	25.5	0.57	0.34	50	105	2.33	0.05
18	27	0.6	0.33	51	108	2.4	
19	28.5	0.63	0.32	52	111	2.47	0.04
20	30	0.67	0.31	53	114	2.53	
21	31.5	0.7	0.30	54	117	2.6	0.03
22	33	0.73	0.29	55	120	2.67	
23	34.5	0.77	0.28	56	123	2.73	0.03
24	36	0.8	0.27	57	126	2.8	
25	37.5	0.83	0.26	58	129	2.87	0.03
26	39	0.87	0.25	59	132	2.93	
27	40.5	0.9	0.24	60	135	3.0	0.03
28	42	0.93	0.23				
29	43.5	0.97	0.22				
30	45	1.0	0.21				

## ANNEX 4

Table 10

Li<sup>+</sup> - HRT measurement settler with gas separatorHRT = 60 min date: 30.11.84 13.45 hours 0.83 g. Li<sup>+</sup> added

Time (min.)	Sample no	Li <sup>+</sup> mg/l	t/T	Li <sup>+</sup> mg
0	0	0.025*	0	0
2	1	0	0.03	0
4	2	0	0.07	0
6	3	0.095	0.10	3
8	4	0.298	0.13	10
10	5	0.575	0.17	26
12	6	0.645	0.20	43
16	8	0.665	0.27	78
18	9	0.555	0.30	92
20	10	0.595	0.33	108
22	11	0.550	0.37	123
24	12	0.815	0.40	144
26	13	1.02	0.43	171
28	14	1.10	0.47	200
30	15	1.32	0.50	235
32	16	1.32	0.53	270
34	17	1.42	0.57	307
36	18	1.38	0.60	343
38	19	1.34	0.63	379
40	20	1.26	0.67	412
42	21	1.12	0.70	442
44	22	0.94	0.73	466
46	23	0.94	0.77	491
48	24	0.825	0.80	513
50	25	0.725	0.83	532
52	26	0.550	0.87	547
54	27	0.538	0.90	561
56	28	0.438	0.93	572
58	29	0.338	0.87	581
60	30	0.450	1.00	593

\* blank

WATER RESEARCH CENTRE  
MURFREESBORO, TENNESSEE, U.S.A.

## ANNEX 4

Table 10 (continued)

Li<sup>+</sup> - HRT measurement settler with gas separatorHRT = 60 min date: 30.11.84 14.50 hours 0.83 g.Li<sup>+</sup> added

Time (min.)	Sample no.	Li <sup>+</sup> mg/l	t/T	Σ Li <sup>+</sup> mg
65	31	0.350	1.08	616
70	32	0.225	1.17	633
75	33	0.175	1.25	644
80	34	0.150	1.33	654
85	35	0.150	1.42	664
90	36	0.100	1.50	671
95	37	0.100	1.58	677
100	38	0.075	1.67	682
105	39	0.063	1.75	687
110	40	0.050	1.83	690
115	41	-	-	-
120	42	0.025	2.00	693
125	43	-	-	-
130	44	0.13	2.17	695
135	45	-	-	-
140	46	0.13	2.33	697
145	47	-	-	-
150	48	0	2.50	-
155	49	-	-	-
160	50	0	2.67	-
165	51	-	-	-
170	52	0	2.83	-
175	53	-	-	-

## ANNEX 4

Table 11

Measurement percolation velocity slow sandfilters

Date: day 76 - 26-09-1984\*

day 141 - 30-11-1984\*\*

Filter no. 1*	Tijd (min.) ≡	Volume (l.) ≡
load: 0,4 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	0	0
supplied: 41 l	45	4,3
lost: 0,7 l	53	8,6
	60	12,9
	65	17,2
	70	21,5
	79	25,8
	93	30,1
	120	34,4
	195	38,7
	260	40,3
Filter no. 2*		
load: 0,8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> d	0	0
supplied: 82 l	29	4,3
lost: 9,4 l	34	8,6
	40	12,9
	47	17,2
	53	21,5
	60	25,8
	66	30,1
	72	34,4
	77	38,7
	84	43,0
	91	47,3
	99	51,6
	106	55,9
	117	60,2
	137	64,6
	180	68,9
	260	72,6



Annex 4  
Table 11

continued

Filter no. 1**	Tijd (Min.) Σ	Volume (l) Σ	NO <sub>3</sub> -N (mg/l)
load: 0,4 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d supplied: 42 l lost: 12 l	0-48	2,0	14
	55	4,0	15
	57	6,0	13,5
	59	8,0	17,5
	61	10,0	19
	63	12,0	19
	66	14,0	18,5
	69	16,0	17,5
	72	18,0	17
	83	22,0	15,5
	98	24,0	-
	113	26,0	15
	133	28,0	14,5
	163	30,0	16
Filter no. 2** load: 0,8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d supplied: 84 l lost: 19 l	0-33	4,3	12,5
	39	8,6	13
	44	12,9	-
	50	17,2	20,5
	56	21,5	-
	62	25,8	23
	68	30,1	21
	76	34,4	19,5
	87	38,7	17,5
	98	43,0	14,5
	113	47,3	12,5
	130	51,6	10
	145	55,9	11,5
	164	60,2	9,5
199	64,5	9	

## ANNEX 4

Table 12

O<sub>2</sub> measurements trickling filter

date: 23.07.84

Time	T air °C	T infl. °C	T effl. °C	O <sub>2</sub> half mg/l	O <sub>2</sub> effl. mg/l
9.15	26	25.5	23	4.8	
10.15	27	25.5	25	5.2	6.7
11.15	28.5	26.5	26	5.5	6.1
12.15	31	27.5	28	5.1	6.1
14.15	31	27.5	28	2.9	5.5
16.15	29.5	27	29.5	3.1	5.5
18.15	28	27	27.5	1.9*	5.6
20.15	28	26	26.5	3.7	5.3
22.15	23	24.5	24	2.3	5.3
24.15	22.5	24	24	2.0	6.2
3.15	21.5	25	23	3.0	4.7
6.15	19	25	23	0	6.3
8.15	25	24	26	3.8	6.5

\* changed sampling

## ANNEX 4

Table 13

Determination Hydraulic Retention Time trickling filter

Time (sec)	fraction (ml)	Q ml/min	fraction (ml)	Q * ml/min	Time (sec)	fraction (ml)	Q ** ml/min
0	-	2400	-	2400	0	-	0
5	178	2140	187	2240	10	-	0
10	186	2230	198	2380	20	-	0
15	184	2210	184	2210	30	-	0
20	162	1940	177	2120	35	10	120
25	160	1920	156	1870	40	34	410
30	124	1490	115	1380	45	50	600
35	95	1140	89	1070	50	80	960
40	85	1020	70	840	55	92	1100
45	60	720	60	720	60	102	1220
50	57	680	50	600	65	108	1300
55	40	480	38	460	70	120	1440
60	36	430	34	410	75	126	1510
75	97	390	82	330	80	114	1370
90	72	290	64	290	85	90	1080
105	60	240	53	260	90	102	1220
120	64	256	43	172	95	98	1180
150	77	154	70	140	100	110	1320
180	53	106	56	112	105	128	1540
210	53	106	48	96	110	154	1850
240	50	100	40	80	115	146	1750
270	42	84	36	72	120	176	2110
300	38	76	35	70	125	164	1970
600	<u>210</u>	42	<u>200</u>	40	130	190	2280
tot.	2180ml		2085ml		135	186	2230
					180-195	595	2380
					240-255	640	2560
					300-315	600	2400

Remarks

\* measurement repeated

\*\* at t = 0 pump was started with empty filter

ANNEX 4

Table 14  
 sludge profiles pump not running (anaerobic filter)  
 date: 15.08.84

mp	TS (g/l)
1	13,51
2	7,02
3	2,48
4	0,73
5	1,25
6	1,03
7	0,85
8	0,40
9	0,67

date: 24.08.84 pump running

	TS (g/l)	VS (g/l)	ash (%)
0	3.84	1.45	62
1	2.64	1.02	61
2	1.79	0.68	62
3	0.64	0.22	66
4	0.74	0.24	67
5	0.78	0.26	67
6	0.95	0.31	67
7	0.62	0.21	65
8	0.45	0.12	74
9	0.98	0.31	68
effl.	0.11	-	-
purg 0-10	12.8	4.46	65
purg 10-20	5.9	2.24	62
purg 20-31	9.1	3.37	63

NB:

purg is sample per 10 l drained filter volume.  
 In total 31 l has been drained.

## ANNEX 4

Table 15

Sludge profile anaerobic filter

data: 31.10.84

HRT = 45 min.

Profile	TS (g/l)	VS (g/l)	ash %
0	19.0	5.5	71
1	3.48	1.18	66
2	1.15	0.42	63
3	2.17	0.87	60
4	2.09	0.69	67
5	2.01	0.71	65
6	1.57	0.61	61
7	1.30	0.46	65
8	0.78	0.37	53
9	2.17	0.77	65
effl.	0.006	0.004	29

## ANNEX 4

Table 16

Measurement of activity and stability of sludge  
in the anaerobic filter compared to that of sludge from the  
settling tank

Date: 24.08.84.

≤ time hours	activity (ml CH <sub>4</sub> /g.VS)			stability (ml CH <sub>4</sub> /g.VS)		
	an.filter fraction 0-101	an.filter fraction 20-301	settling tank	an.filter fraction 0-101	an.filter fraction 20-301	settling tank
0	0	0	0	0	0	0
21	35	36	38	12	9	19
39	72	72	70	17	13	30
47	95	95	87	20	16	35
63	125	127	112	24	19	43
72	146	144	128	27	22	47
87	169	171	149	30	25	53
97	182	184	164	33	27	56
112	231	"	209	36	29	62
122	265	"	238	39	31	66
162	344	249	326	46	37	79
169	360	267	343	48	39	81
185	381			50	40	86

Activity is determined of sludge obtained from draining of  
the anaerobic filter, fractions 0-10 and 20-301 of the  
drained volume

sludge concentrations in the flasks (g VS/l)	activity			stability		
	0-101	20-301	settler	0-101	20-301	settler
	5.0	5.0	5.0	6.5	5.5	18.9

ANNEX 4  
 Table 17  
 Stability sludge from anaerobic filter  
 date. 3.10.1984

day	time	gas produced in ml CH <sub>4</sub>					
		1a	1b	2a	2b	3a	3b
oct 31	17.00	-	-	-	-	-	-
nov 1	9.15	28.2	15.6	-	17	56	48.5
2	11.15	74.2	43.6	150	44	145	116.5
	17.15	83	49.6	162.8	49	158	206.5
3	11.20	111	67.8	191.4	65	208	239.9
4	14.20	145	91	226.4	86.6	270	285.9
6	11.25	183	116.5	262.9	110.6	340	345.9
7	13.12	204.4	135.7	285.9	122.2	383	376.9
8	13.15	220	148.1	302.1	131.6	413	401.9
9	11.55	232.4	157.3	311.9	139.8	433	422.9
13	9.40	268.41	181.3	341.9	162.8	488	467.9
14	10.30	281.4	191.3	361.1	168.8	501	476.9

t hours	gas produced in ml. CH <sub>4</sub> /gVS						
	1a	1b	2a	2b	3a	3b	
-	-	-	-	-	-	-	-
16.3	14.0	10.6	-	9.6	23.4	28.9	
42.3	36.9	29.5	52.2	24.7	60.6	69.5	
48.3	41.3	33.6	56.6	27.5	66.0	123.2	74.9
66.4	55.3	45.9	66.6	36.5	87.0	143.1	94.8
94.4	72.2	61.6	78.8	48.7	112.9	170.5	122.2
115.5	91.1	78.9	91.3	62.2	142.1	206.3	158
141.3	101.8	91.8	99.5	68.7	160.1	224.8	176.5
165.3	109.5	100.2	105.1	74.0	172.6	239.7	191.4
188	115.7	106.4	108.5	78.6	181.0	252.2	203.9
209.8	133.6	122.7	118.9	91.5	204	279.0	230.7
234.6	140.1	129.4	125.6	94.9	209.4	284.4	236.1

Stability sludge from anaerobic filter  
 date. 3.10.1984

1a - 500 ml sludge = 9.4 g VS  
 1b - 350 ml sludge = 6.9 g VS  
 from drainage 0-10 l.  
 2a - 500 ml sludge = 12.8 g VS  
 2b - 250 ml sludge = 7.6 g VS  
 from drainage 10-18 l.  
 3a - 500 ml sludge = 10.29 g VS  
 3b - 250 ml sludge = 7.1 g VS

	TS (g/bottle)	VS (g/bottle)	ash (%)
1a	13.4	9.4	7.0
1b	9.9	6.9	7.0
2a	18.5	12.8	6.8
2b	11.1	7.6	6.8
3a	15.0	10.2	6.8
3b	10.5	7.1	6.8

## ANNEX 4

Table 18

Stability of the sludge from the anaerobic filter  
and from the settling tank

day sample	sludge conc. VS (g/l)	stability of sludge ml CH <sub>4</sub> /gVS	gas prod in ml CH <sub>4</sub> /gVS.d	
			basic	initial
Anaerobic filter				
33	6.5	14	5	12
33	5.5	10	4.5	9
101	3.5	10	17	18
101	3.6	6	11	13
settling tank				
32	18.9	23	9	18
100	4.1	50	17	40

## ANNEX 4

Table 19

Methanogenic activity of the sludge from the anaerobic filter  
and from the settling tank

day sample	sludge conc. VS (g/l)	supply VFA (g/l)	K <sub>0</sub> 1° supply (gCOD/gVS.d)	2° supply
anaerobic filter				
33	5.0	0.6	0.12	0.19
settling tank				
32	5.0	0.6	0.11	0.17
UASB reactor				
368	39	0.6	0.17	0.30



## ANNEX 4

Table 20

Li<sup>+</sup>-HRT measurement maturation pondHRT = 10 days, dosing 0,83 g Li<sup>+</sup>

date: 23.07.84

Time in days	Li <sup>+</sup> (mg/l)	Time in days	Li <sup>+</sup> (mg/l)
0	0.29	4.00	0.475
0.0208	0.045	4.50	0.47
0.0417	0.065	5.00	0.43
0.0833	0.065	5.50	0.42
0.125	0.010	6.00	0.395
0.167	0.015	6.50	0.38
0.208	0.018	7.00	0.36
0.250	0.0155	7.50	0.35
0.292	0.022	8.00	0.33
0.333	0.023	8.50	0.32
0.375	0.020	9.00	0.31
0.417	0.021	10.00	-
0.458	0.020	11.00	-
0.500	0.0215	12.00	-
0.542	0.021	13.00	0.285
0.583	0.022	14.00	0.26
0.625	0.021	15.00	0.245
0.667	0.012	16.00	0.23
0.708	0.0115	17.00	-
0.750	0.014	18.00	0.23
0.792	0.014	19.00	0.21
0.833	0.016	20.00	0.19
0.873	0.405	21.00	0.175
0.917	0.48	22.00	0.15
0.958	0.50	23.00	0.155
1.042	0.52	24.00	0.15
1.125	0.52	25.00	0.15
1.211	0.525	26.00	-
1.29	0.53	27.00	-
1.38	0.525	28.00	-
1.63	0.53	29.00	-
2.00	0.53	30.00	-
2.33	0.545		
2.67	0.55		
3.00	0.50		
3.33	0.50		
3.67	0.50		

Table 21

Continuous O<sub>2</sub> measurements maturation pond, day 52/61, 18-28.09.84

day	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	average 52/61	σ <sub>n-1</sub>
hour	O <sub>2</sub> (mg/l)	O <sub>2</sub> (mg/l)	O <sub>2</sub> (mg/l)	O <sub>2</sub> (mg/l)	O <sub>2</sub> (mg/l)	O <sub>2</sub> (mg/l)	O <sub>2</sub> (mg/l)	O <sub>2</sub> (mg/l)	O <sub>2</sub> (mg/l)	O <sub>2</sub> (mg/l)	O <sub>2</sub> (mg/l)	
8.00	-	0	0	0	0.4	0	0	2.8	0	-	0.4	1.0
9.00	0	0	2.6	0	0	2.4	2.0	12.0	7.0	8.8	3.5	4.3
10.00	0.6	3.2	12.4	8.1	0	13.1	10.0	10.4	12.5	15.6	8.6	5.5
11.00	6.9	12.0	11.4	14.6	9.6	16.4	10.2	-	15.5	13.7	12.3	3.1
12.00	17.6	13.2	13.8	15.0	12.4	17.0	10.2	17.6	16.0	13.2	14.6	2.5
13.00	18.6	15.2	16.8	16.2	11.6	18.0	10.4	-	17.5	10.2	14.9	3.3
14.00	-	16.1	17.0	16.8	13.8	17.6	11.6	-	17.8	12.4	15.4	2.4
15.00	-	16.5	17.2	18.6	15.0	13.2	12.9	-	18.4	16.2	16.0	2.2
16.00	-	12.4	17.2	20	16.4	18.0	15.5	14.0	19.2	18.4	16.8	2.5
17.00	14.0	10.1	18.0	20	15.6	20	16.8	13.4	18.8	19.2	17.1	4.1
18.00	15.0	8.0	13.2	15.2	19.0	20	14.2	11.0	18.2	19.2	15.3	3.9
19.00	12.0	6.1	11.6	12.7	19.0	14.6	15.6	9.4	17.7	13.2	13.2	3.8
20.00	10.5	3.4	10.2	16.6	18.0	10.6	16.0	8.2	17.0	11.1	12.2	4.6
21.00	9.8	0.7	14.7	18.8	17.2	9.2	15.5	7.6	10.8	-	11.6	5.6
22.00	8.0	0.1	14.0	16.8	14.8	9.2	14.6	8.2	10.3	7.6	10.4	4.9
23.00	4.4	0	12.8	15.1	12.2	6.6	13.8	4.0	8.9	7.4	8.5	4.9
24.00	0.7	0	11.4	13.8	12.9	4.2	12.8	2.6	6.6	5.9	7.2	5.6
1.00	0	0	4.6	12.3	8.2	2.2	11.7	1.3	5.4	5.3	5.1	4.5
2.00	0	0	0.4	10.7	5.3	0.8	10.6	0.6	2.6	3.9	3.5	4.2
3.00	0	0	0	9.0	2.8	0	9.2	0.1	0.7	2.7	2.5	3.7
4.00	0	0	0	7.0	1.2	0	8.0	0	0	0.8	1.7	3.1
5.00	0	0	0	4.6	0	0	6.8	0	0	0	1.1	2.5
6.00	0	0	0	2.8	0	0	5.4	0	0	0	0.8	1.8
7.00	0	0	0	1.4	0	0	4.2	0	-	0	0.6	1.4

Table 22  
 continuous O<sub>2</sub> measurements maturation pond  
 day 118-129, 23-30.11.84

Time	Day No.	118	119	120	121	122	123	124	Average	$\sigma_{n-1}$	Max.	Min.
8.00		0.2		0.2	0.3	0.5	0.4	0.2	0.30	0.13	0.43	0.17
9.00		0.8		0.8	1.2	0.5	1.1	0.6	0.83	0.27	1.10	0.56
10.00		2.2		4.4	2.8	1.5	2.6	1.4	2.48	1.10	3.58	1.38
11.00		11.3		12.3	9.7	5.8	5.4	4.3	8.13	3.39	11.52	4.74
12.00		14.7		13.1	13.7	8.1	10.4	9.1	11.52	2.69	14.21	8.83
13.00		15.0		13.1	14.0	10.0	13.2	12.3	12.93	1.70	14.64	11.23
14.00		14.6	12.4	12.1	15.2	15.0	15.7	16.1	14.44	1.58	16.02	12.87
15.00		13.7	15.1	13.8	15.6	17.0	16.3	16.5	15.43	1.30	16.73	14.13
16.00		12.4	16.9	16.1	12.7	13.6	15.4	11.3	14.06	2.10	16.16	11.96
17.00		11.5	17.8	17.3	11.1	9.2	18.1	8.4	13.34	4.25	17.59	9.10
18.00		12.1	18.4	17.3	8.8	8.4	14.9		13.32	4.25	17.57	9.07
19.00		11.8	17.5	14.7	6.9	6.5	12.0		11.57	4.31	15.87	7.26
20.00		9.0	16.2	10.9	5.0	5.0	10.3		9.40	4.20	13.60	5.20
21.00		5.4	13.0	7.1	3.6	4.1	7.9		6.85	3.44	10.29	3.41
22.00		3.4	10.6	4.0	2.3	3.1	3.8		4.53	3.03	7.56	1.50
23.00			8.4	0.9	1.4	2.1	3.0		3.16	3.03	6.19	0.13
24.00			6.5	0.6	0.8	1.5	2.1		2.30	2.42	4.72	-0.12
1.00			4.9	0.5	0.5	1.3	1.5		1.74	1.82	3.56	-0.08
2.00			3.5	0.4	0.6	1.2	0.9		1.32	1.26	2.50	0.06
3.00			2.3	0.2	0.5	0.9	0.5		0.88	0.83	1.71	0.05
4.00			1.4	0.2	0.5	0.6	0.2		0.58	0.49	1.07	0.09
5.00			0.8	0.2	0.6	0.5	0.1		0.44	0.29	0.73	0.15
6.00			0.8	0.3	0.7	0.5	0.1		0.48	0.29	0.77	0.19
7.00			0.5	0.3	0.6	0.5	0.1		0.40	0.20	0.60	0.20

## ANNEX 4

Table 23

Profiles of temperature and oxygen concentration in maturation pond  
at day 59 HRT = 5 days

cm depth	9.00 h		11.00 h		13.00 h		16.00 h	
	T (°C)	O <sub>2</sub> (mg/l)	T (°C)	O <sub>2</sub> (mg/l)	T (°C)	Oc (mg/l)	T (°C)	O <sub>2</sub> (mg/l)
0	25.4	13.9	28.9	28.8	29.7	28.8	30.3	31.8
20	24.9	3.0	28.1	23.7	29.4	26.6	30.2	28.3
40	24.4	0	25.0	1.1	25.6	1.4	25.9	1.8
60	24.3	0	24.7	0.75	25.0	0.6	25.0	0.4
80	24.3	0	24.5	0.25	24.7	0.1	24.7	0.1
100	24.3	0	24.4	0.15	24.6	0	24.7	0
120	24.3	0	24.4	0	24.5	0	24.6	0
140	24.3	0	24.4	0	24.5	0	24.6	0

## ANNEX 4

Table 24

Temperature and O<sub>2</sub> measurements maturation pond

	Day 123 *				Day 124**		
Depth in cm	09.15	14.10	16.20	17.50	9.00	14.00	17.15
0	27.1	27.4	27.4	26.7	23.9	27.5	25.8
20 temp	27.1	27.1	27.3	26.3	23.9	27.2	25.7
40 °C	24.8	24.8	25.5	25.3	23.9	25.7	25.5
60	24.2	24.4	24.7	25.0	23.9	25.0	25.4
0	26.5	24.5	28	23	1.3	22.2	12.0
20 O <sup>2</sup>	35.0	30.1	40	33	3.0	26	18.0
40 mg/l	9.0	5.5	5.0	15	1.3	7.6	6.2
60	1.9	3.3	2.0	1.8	1.0	1.3	2.3

Remarks

\* very sunny day

\*\* lightly clouded

\*\*\* differences with electrode in standstill and moving position

<u>Standstill</u>	<u>moving</u>	<u>% difference</u>
7.3	12.0	39%
15.1	19.1	21%
15.3	35	55%
16.5	28.5	42%
17.0	28	39%

ANNEX 4

Table 25  
 Temperature measurements  
 date: 03.10.84  
 maturation pond (mp) and  
 duckweed lagoon (dl)

Time	T <sub>mp</sub> (°C)	T <sub>dl</sub> (°C)	Time	T <sub>mp</sub> (°C)	T <sub>dl</sub> (°C)
8.00	24.5	23.1	21.00	25.00	24.00
9.00	25.5	26.5	22.00	25.0	23.5
10.00	27.0	31.3	23.00	23.0	23
11.00	28.5	32.2	24.00	24.5	23
12.00	30.0	34.2	1.00	24.5	22.5
13.00	30.5	31.1	2.00	23	23
14.00	30.0	28.9	3.00	24	23
15.00	29.5	27.7	4.00	22	22.5
16.00	28.0	26.3	5.00	22	21
17.00	27.0	25.5	6.00	24	22
18.00	26.5	25.0	7.00	24	22.5
19.00	25.5	25.0	8.00	24	23
20.00	25.5	24.3			



ANNEX 4 RESULTS OF POST-TREATMENT

Table 27

Counts of pathogens, algae, protozoa and metazoa

Date 30.10.84

ORGANISM	Influ-ent UASB Org/L	Efflu-ent UASB Org/L	Trick-ling filter Org/L	Anaero-bic filter Org/L	Slow sand filter h.l. Org/L	Slow sand filter l.l. Org/L	Sett-ling tank Org/L	Matura-tion pond Org/L
<u>PATHOGENS</u>								
Cystes of <u>Giardia lamblia</u>	25	-	-	-	-	-	-	-
Eggs of <u>Uncinaria</u> sp	5	-	-	-	-	-	-	-
Eggs of <u>Ascaris</u> sp	25	-	-	-	-	-	-	-
Larves of <u>Nematodes</u>	20	5	-	-	-	-	-	-
Eggs of <u>Nematodes</u>	5	5	-	-	-	-	-	-
<u>ALGAE</u>								
(Cianoficeas) <u>Oscillatoria</u> sp	-	-	15	40	-	-	10	5
" <u>Anabaena</u> sp	-	-	10	-	-	-	-	-
(Bacillaroficeas) <u>Nitzchias</u> sp	-	-	-	-	100	100	-	-
(Cloroglagelados) <u>Euglena</u> sp	-	-	20	-	-	-	-	6000
<u>PROTOZOA</u>								
(Ciliado) Not identified	-	-	20	100	-	-	10	-
<u>METAZOA</u>								
(Rotifero) <u>Hirudyna</u> sp	-	-	30	-	-	-	30	-
(Crustaceos) <u>Daphnia</u> sp	-	-	-	-	-	-	-	200
(Aracnidos) Acaro not identified-	-	-	2	-	-	-	-	-



ANNEX 4 RESULTS OF POST-TREATMENT  
 Table 28  
 Counts of pathogens, algae, protozoa and metazoa  
 Date 07.11.84

ORGANISM	Influent UASB Org/L	Effluent UASB Org/L	Trickling filter Org/L	Anaerobic filter Org/L	Slow sand filter h.l. Org/L	Slow sand filter l.l. Org/L	Matura- ration pond Org/L	Settling tank Org/L
<u>PATHOGENS</u>								
Cystes of <u>Entamoeba coli</u>	30	-	-	-	-	-	-	20
Eggs of <u>Trichocefalo</u> sp	-	-	20	-	-	-	-	-
abd <u>Taenia saginata</u>	-	-	-	10	-	-	-	-
Larves of <u>Nematodes</u>	-	-	10	-	-	-	-	10
<u>ALGAE</u>								
(Cianoficeas) <u>Oscillaroria</u> sp	-	-	240	-	-	-	10	60
" <u>Anabaena</u> sp	-	-	30	30	-	-	-	-
(Cloroflagelados) <u>Euglena</u> sp	-	-	40	-	-	-	7000	-
(Bacillaroficeas) <u>Nitzchia</u> sp	-	-	-	-	60	-	-	-
<u>PROTOZOA</u>								
(Quistes de <u>Endolimax Nanna</u> )	-	-	-	-	-	-	-	20
(Ciliados) not identified	-	-	40	20	-	-	-	240
" <u>Epystilis</u> sp	-	-	20	-	-	-	-	-
(Rotifero) <u>Hirudyna</u> sp	-	-	-	-	-	-	-	20
(Crustacea) <u>Daphnia</u> sp	-	-	-	-	-	-	280	-

N.B. Influent and effluent have not been investigated in this week due to heavy rain.



## ANNEX 4 RESULTS OF POST-TREATMENT

Table 30

Counts of pathogens, algae, protozoa and metazoa

Date 04.12.84

ORGANISM	Influent UASB Org/L	Effluent UASB Org/L	Settling tank Org/L	Trickling filter Org/L	Matura- tion pond Org/L	Slow sand filter h.l. Org/L	Slow sand filter l.l. Org/L	Anaero- bic filter Org/L	Duck- weed lagoon
<b>PATHOGENS</b>									
Cystes of <u>Giardia lamblia</u>	240	-	-	20	-	-	-	-	-
Eggs of <u>Ascaris</u> sp	60	-	-	-	-	-	-	-	-
Eggs of Nematodes	180	-	-	280	-	20	-	-	-
Larves of Nematodes	180	-	-	200	-	-	-	-	-
<b>ALGAE</b>									
(Cianoficeas) <u>Oscillaroria</u> sp	60	20	120	10	640	-	-	240	700
" <u>Anabaena</u> sp	120	-	-	40	120	-	-	600	200
" <u>Microcystis</u> sp	-	-	-	-	-	2	-	-	510
(Cloroficeas) <u>Ulotrix</u> sp	-	-	-	-	140	-	-	-	240
" <u>Closterium</u> sp	-	-	20	20	-	-	-	-	-
(Cloroflagelados) <u>Euglena</u> sp	180	-	40	20	4060	40	10	60	20
" not specified	-	-	1020	-	-	-	-	-	-
(Bacillaroficeas) <u>Nitzchia</u> sp	3240	120	60	1080	260	-	-	60	260
Algae not specified	3180	620	360	1320	-	-	-	-	-
(Bacillaroficeas) <u>Navicula</u> sp	60	-	80	280	-	2	-	60	-
<b>PROTOZOA</b>									
Quistes de <u>Entamoeba coli</u>	80	40	-	40	-	-	-	80	-
Trofozoitos de <u>Entamoeba coli</u>	-	-	20	40	-	-	-	-	-
(Ciliado) <u>Spirostomum minus</u>	-	-	20	240	-	-	-	-	90
Trofozoitos de Amoebas not specified	-	-	40	40	-	-	-	360	-
(Ciliado) <u>Paramecium caudatum</u>	120	80	-	80	80	-	-	-	-
Eggs not specified	30	-	-	60	10	-	-	40	-
(Rotifero) <u>Hirudyna</u> sp	-	-	-	-	20	-	-	-	-

## ANNEX 4 RESULTS OF POST-TREATMENT

Table 31

Counts of pathogens, algae, protozoa and metazoa

Date 11.12.84

ORGANISM	Influent UASB Org/L	Effluent UASB Org/L	Settling tank Org/L	Trickling filter Org/L	Maturation pond Org/L	Slow sand filter h.l. Org/L	Slow sand filter l.l. Org/L	Anaero- bic filter Org/L	Duck- weed lagoon
<b><u>PATHOGENS</u></b>									
Cystes of <u>Entamoeba histolytica</u>	80	-	-	-	-	-	-	-	-
Eggs of <u>Giardia lamblia</u>	480	80	-	-	-	-	-	-	-
" of <u>Ascaris</u> sp	180	-	-	-	-	-	-	-	-
" of <u>Hymenolepi</u> sp	-	-	-	40	-	-	-	-	-
" of <u>Taenia</u> sp	-	-	-	20	-	-	-	-	-
" of <u>Uncinaria</u> sp	60	-	-	-	-	-	-	-	-
" of <u>Trichocefalo</u> sp	60	-	-	-	-	-	-	-	-
" of Nematodes	60	-	-	-	-	-	-	-	-
Larves of Nematodes	120	20	-	60	-	-	-	-	-
<b><u>ALGAE</u></b>									
(Cianoficeas) <u>Oscillaroria</u> sp	-	-	-	40	580	-	-	-	1400
" <u>Anabaena</u> sp	-	-	-	-	300	-	-	-	400
(Cloroficeas) <u>Chorella</u> sp	80	20	-	-	-	-	-	-	-
" <u>Ulotrix</u> sp	-	-	-	-	560	-	-	-	480
" <u>Closterium</u> sp	-	-	-	-	20	-	-	-	-
" <u>Eudorina</u> sp	-	-	140	-	200	-	-	-	-
(Cianoficeas) <u>Microcystic</u> sp	-	-	-	-	-	-	-	-	480
(Clorogiceas) <u>Merismopedia</u> sp	-	-	80	-	-	-	-	-	40
Cloroflagelados) <u>Euglena</u> sp	-	140	-	-	4700	-	50	-	10
" not specified	-	-	-	-	-	20	-	-	480
(Bacillaroficeas) <u>Nitzschia</u> sp	-	-	-	-	1900	-	-	-	300
Algae not specified	560	-	-	-	1500	-	-	-	-
" <u>Navicula</u> sp	-	-	60	120	440	-	2	-	260

Table 31

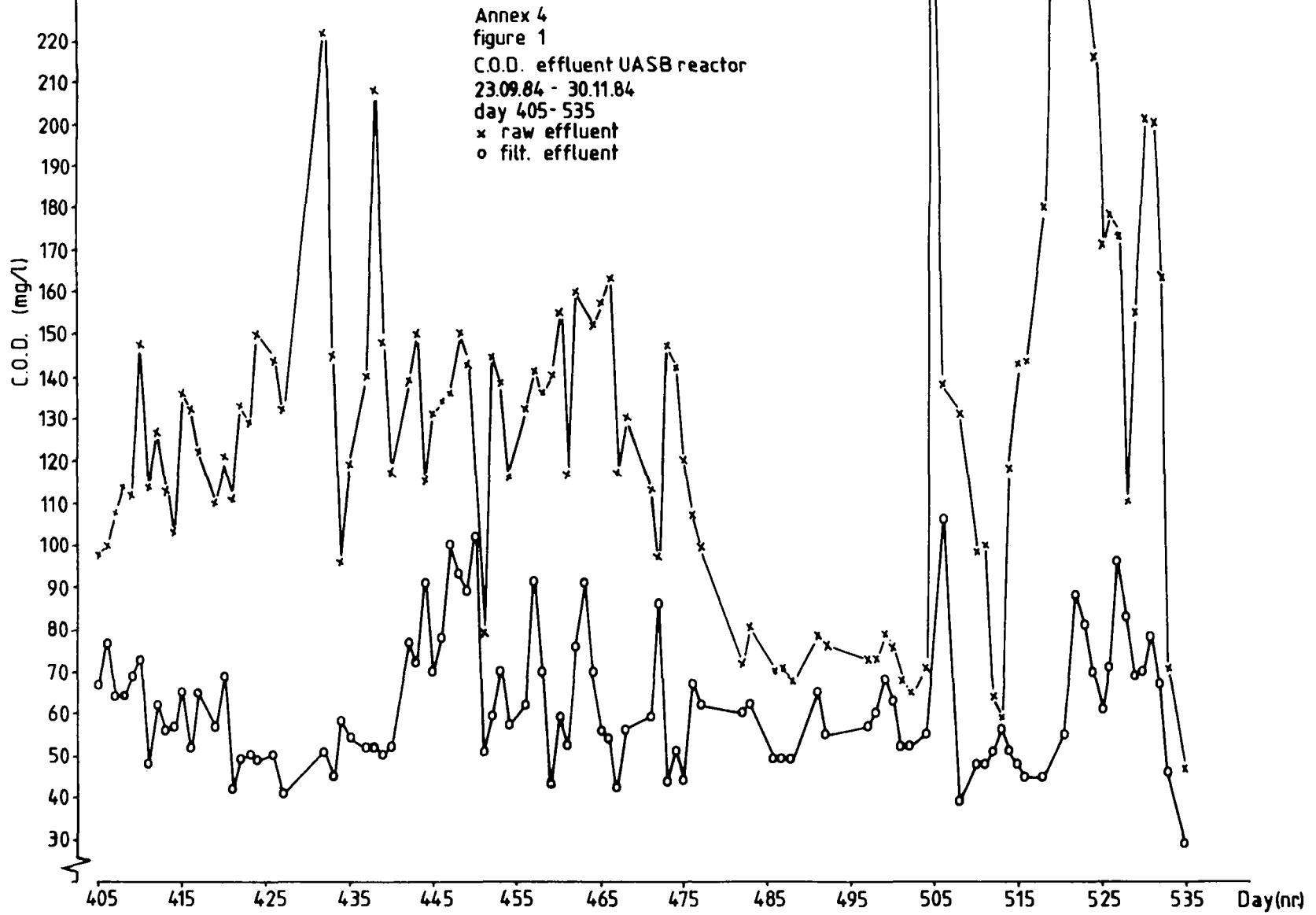
Counts of pathogens, algae, protozoa and metazoa

Date 11.12.84

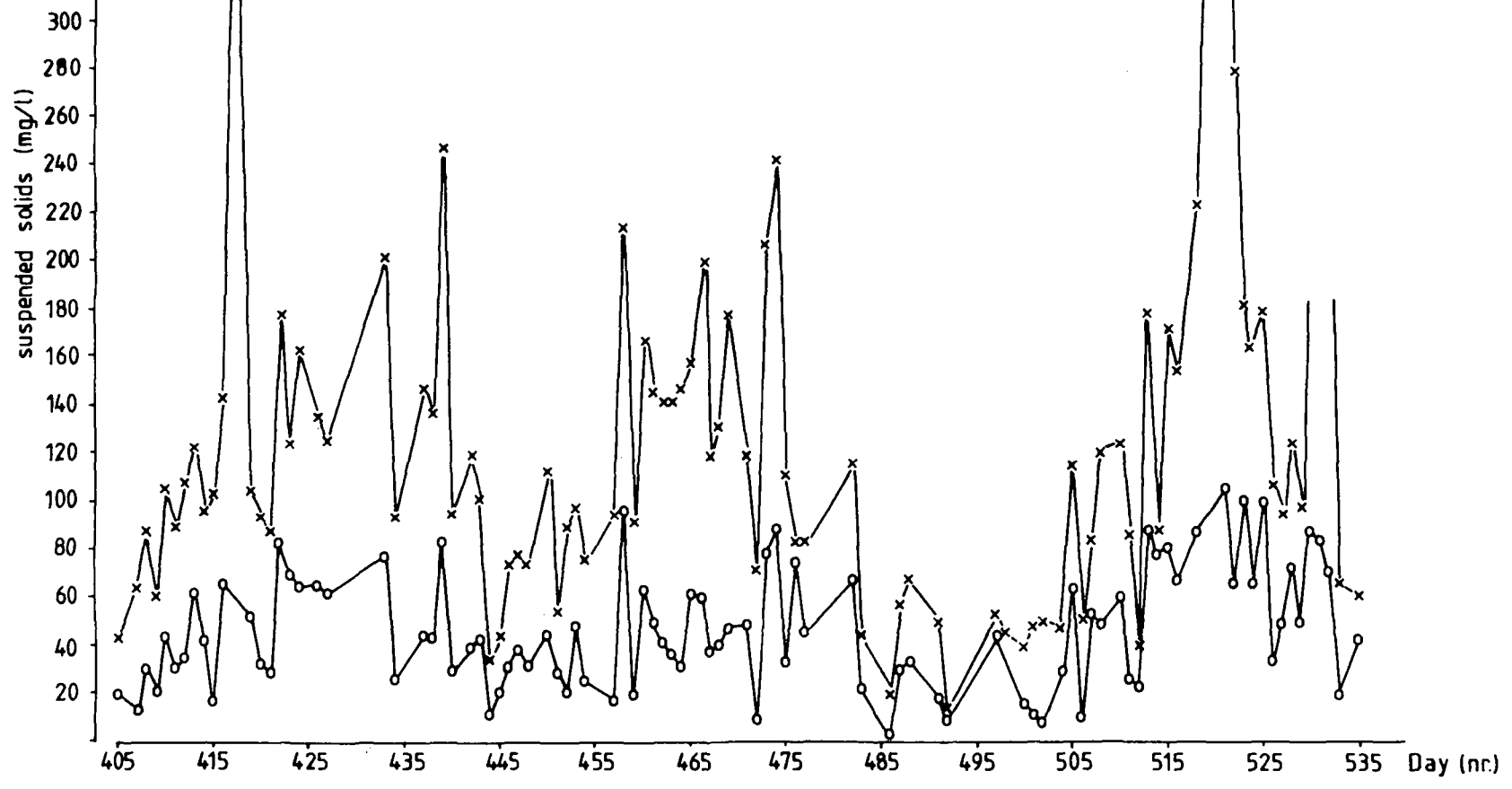
CONTINUED

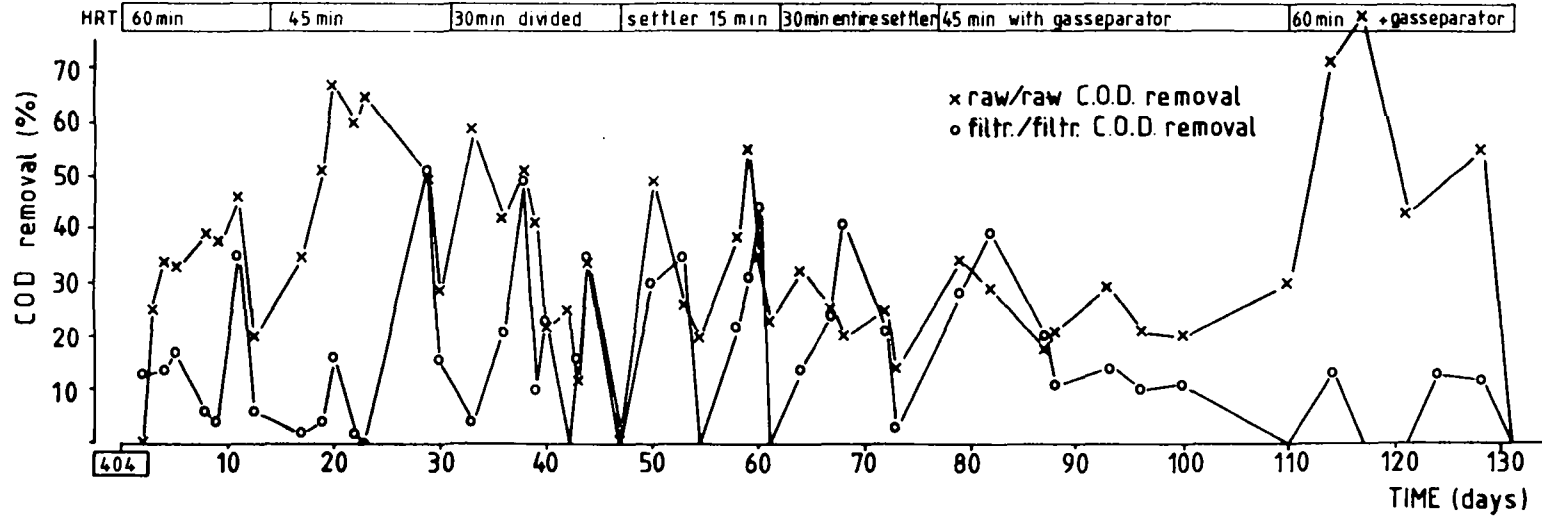
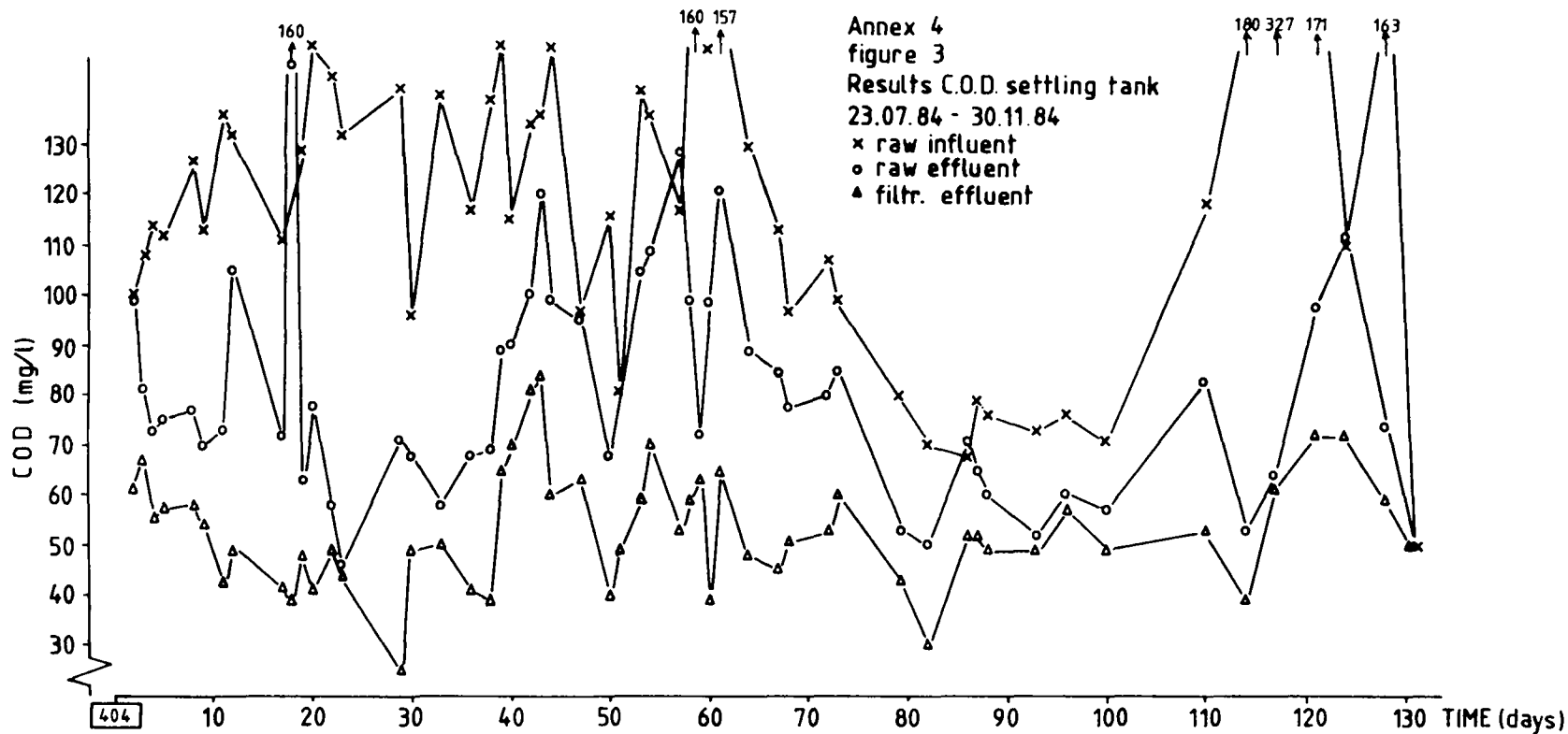
ORGANISM	Influent UASB Org/L	Effluent UASB Org/L	Settling tank Org/L	Trickling filter Org/L	Matura- tion pond Org/L	Slow sand filter h.l. Org/L	Slow sand filter l.l. Org/L	Anaero- bic filter Org/L	Duck- weed lagoon
<b>PROTOZOA</b>									
Cystes of <u>Entamoeba coli</u>	280	40	40	60	20	-	-	-	40
Trofozoites of <u>Entamoeba coli</u>	-	-	-	2	-	-	-	-	-
" not identified	60	20	-	80	40	-	-	-	180
Ciliados not specified	10140	3580	-	-	-	-	-	-	60
Ciliado <u>Paramecium caudatum</u>	2960	20	-	-	-	-	-	-	-
" <u>Colpodium sp</u>	2640	-	-	-	-	-	-	-	-
Eggs not specified	-	-	-	120	-	-	-	-	-
(Rotiferos) <u>Hirudina sp</u>	-	-	-	-	280	-	-	-	80
(Crustaceos) <u>Daphnia sp</u>	-	-	-	340	-	-	-	-	160

N.B. during this week the anaerobic filter has not been analysed due to problems with the pump.

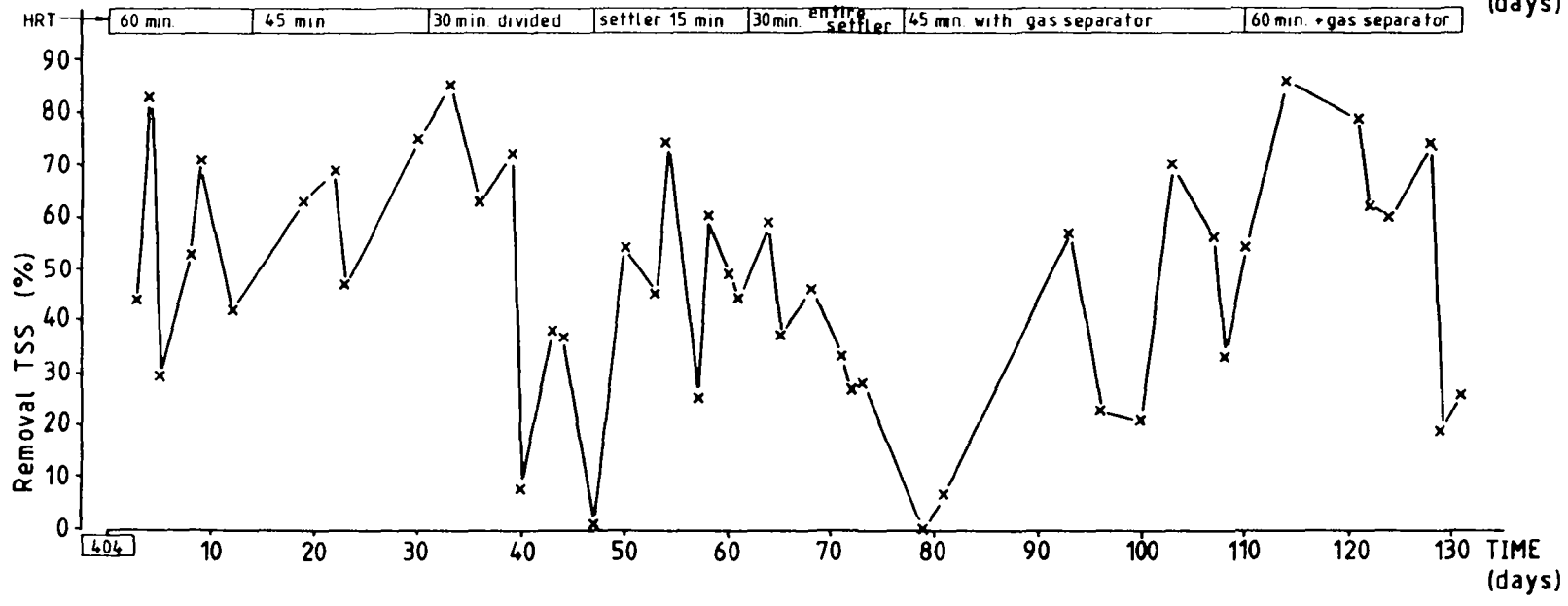
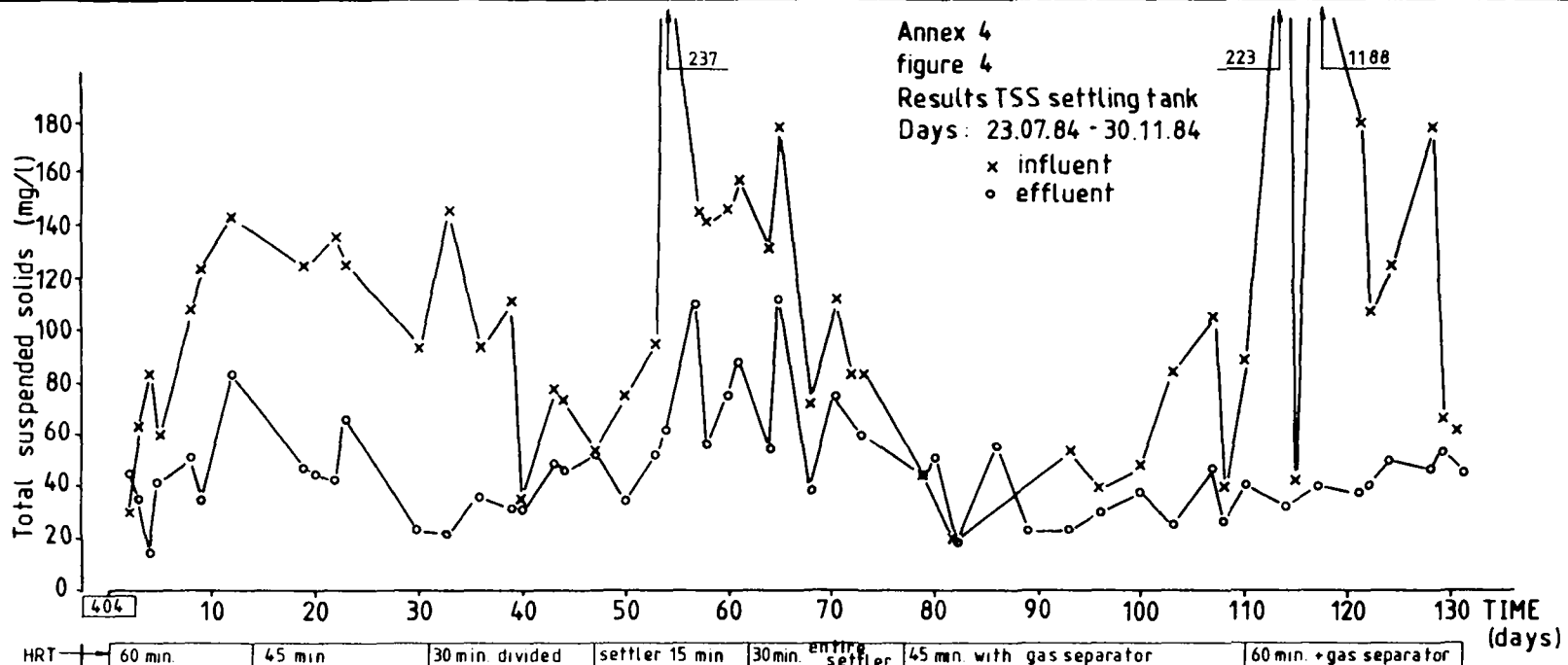


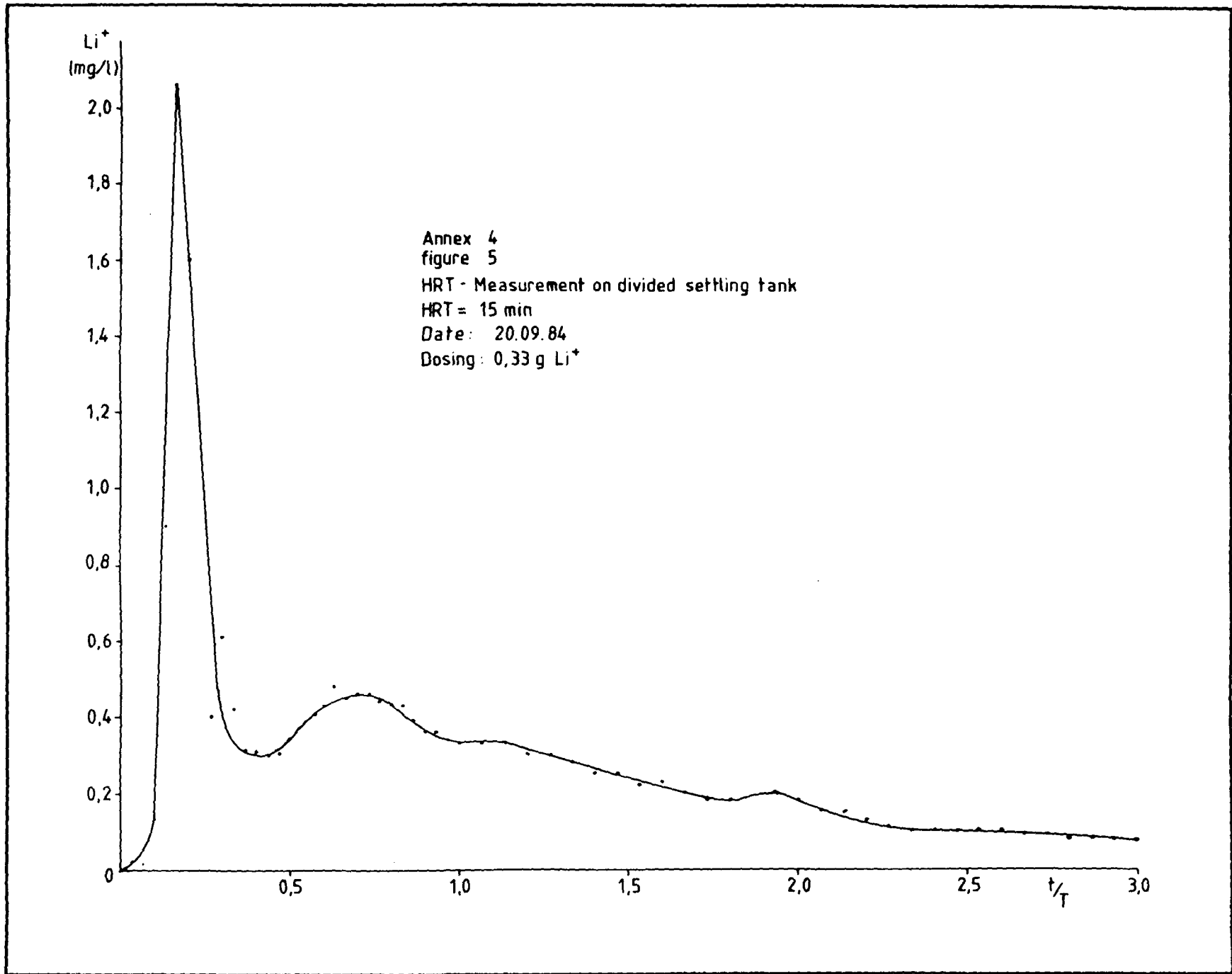
Annex 4  
figure 2  
TSS and VSS effluent UASB reactor  
23.09.84 - 30.11.84  
day 405 - 535  
x TSS (mg/l)  
o VSS (mg/l)











Li<sup>+</sup>  
(mg/l)

1.0

0.9

0.8

0.7

0.6

0.5

0.4

0.3

0.2

0.1

0

0.5

Annex 4  
figure 6

HRT = 30 min

HRT - Measurement divided settling tank

Date : 30.08.84

Dosing : 0,33 g Li<sup>+</sup>

1.0

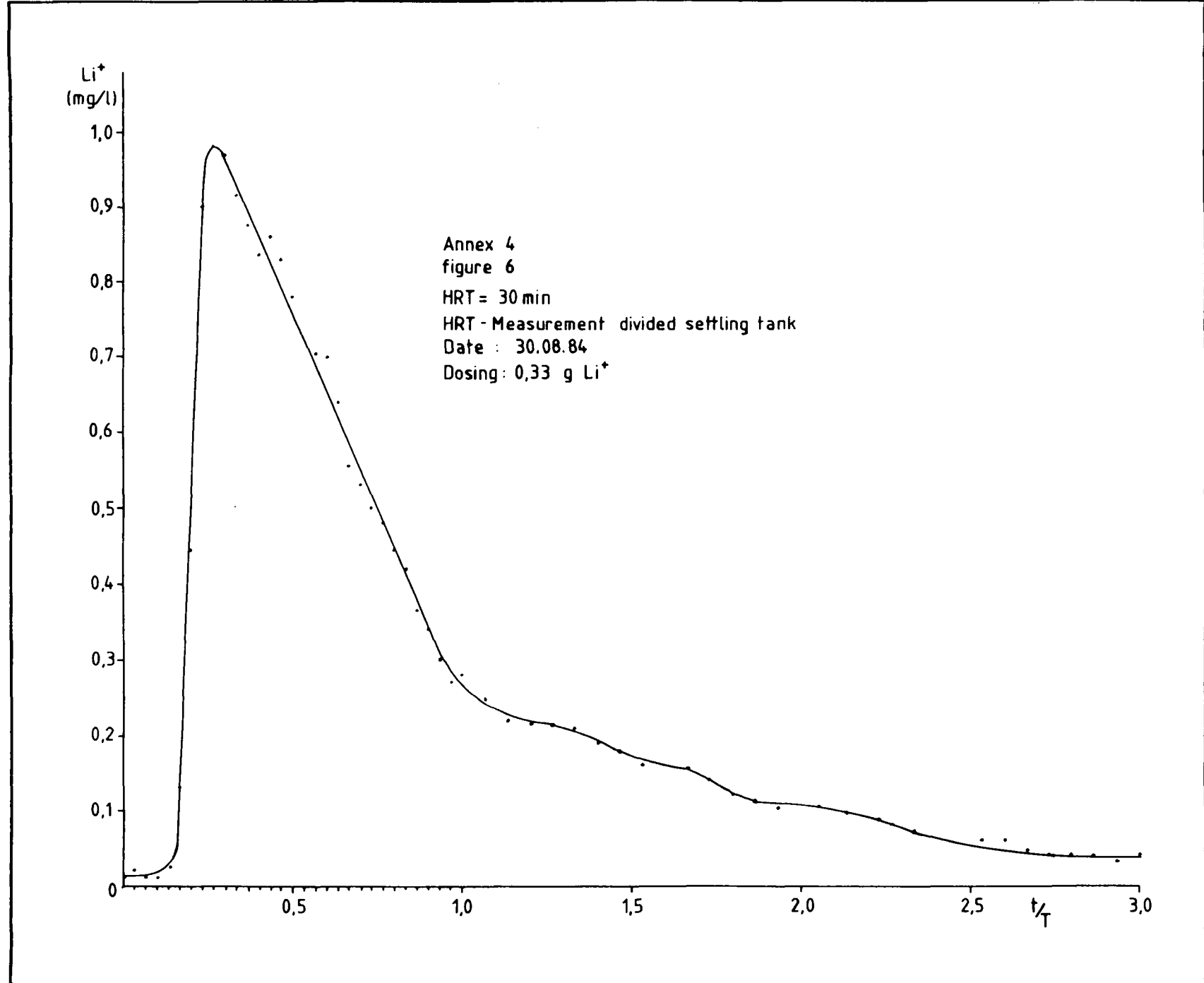
1.5

2.0

2.5

t<sub>T</sub>

3.0



Li<sup>+</sup>  
(mg/l)

0,4

0,3

0,2

0,1

Annex 4  
figure 7

HRT - Measurement of settling tank  
with gas separator

HRT = 45 min

Date : 09.11.84

Dosing : 0,33 g Li<sup>+</sup>

0,5

1,0

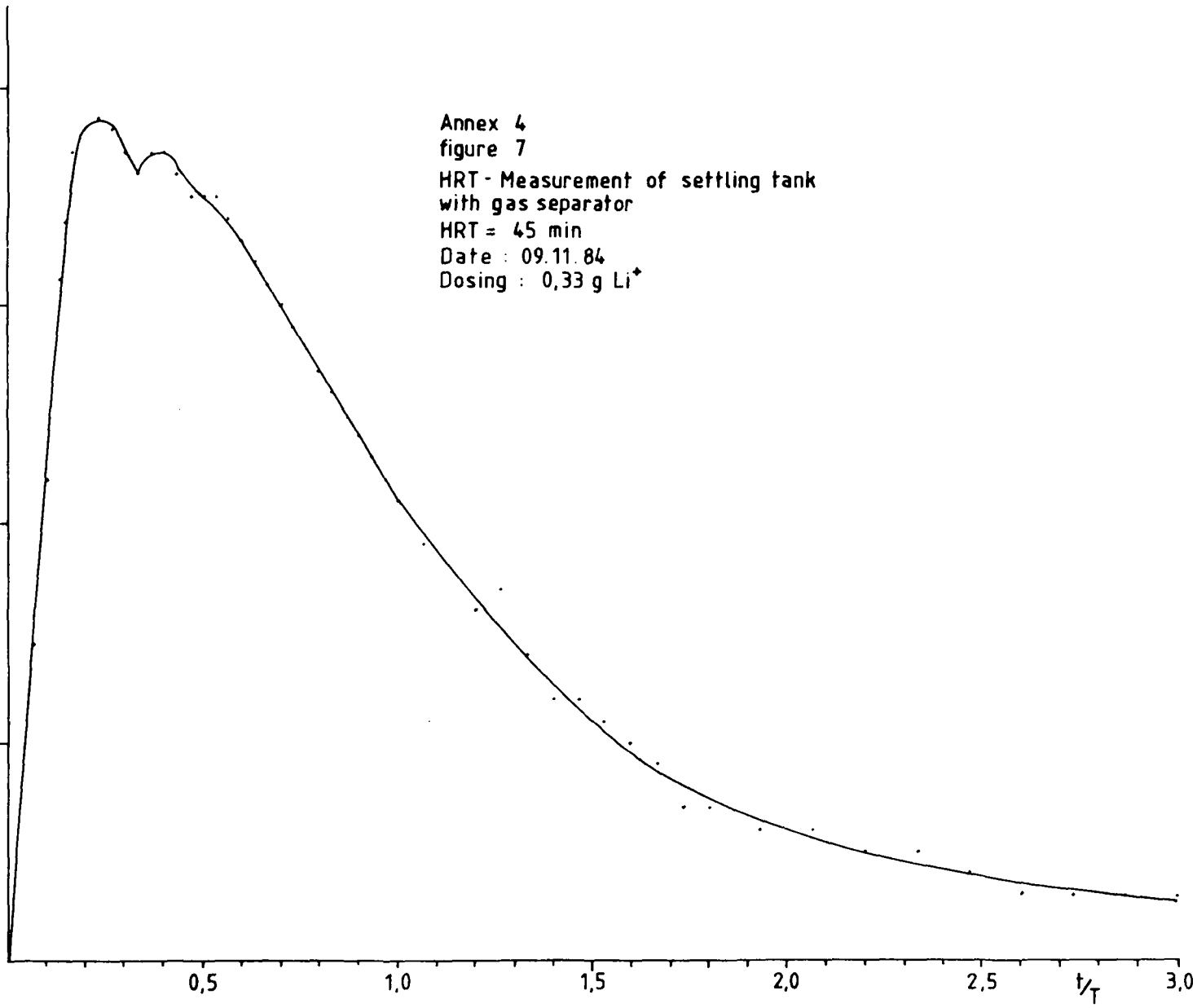
1,5

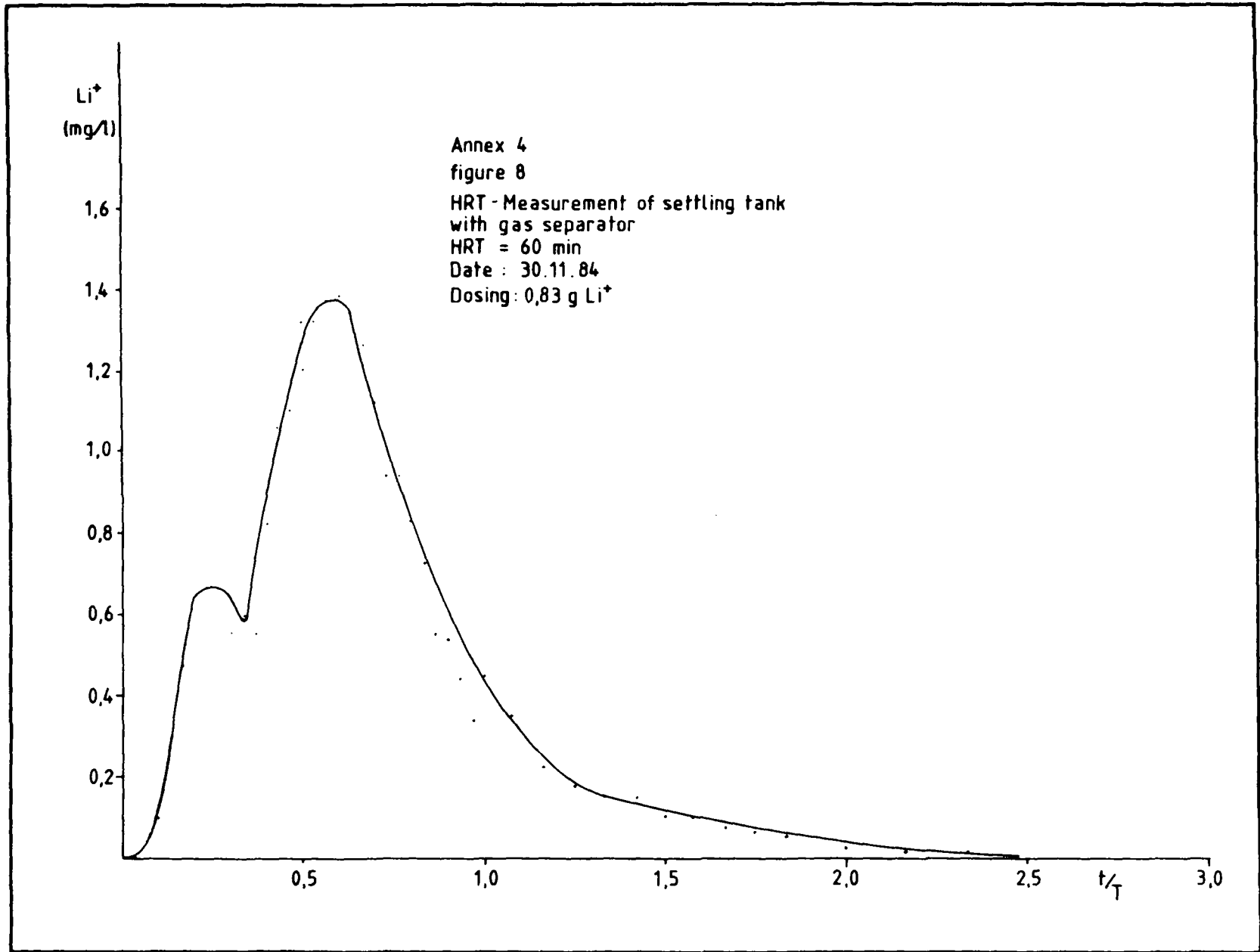
2,0

2,5

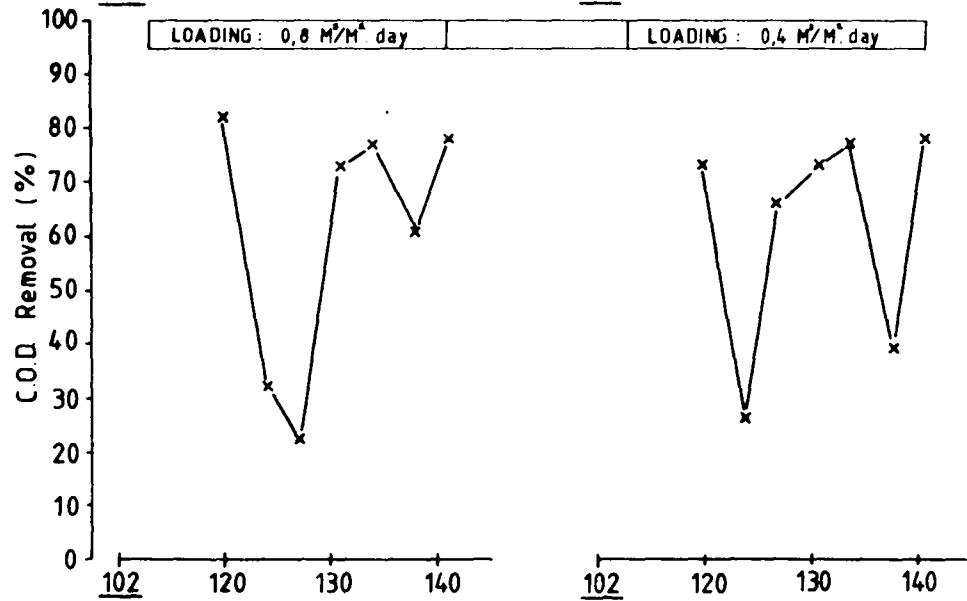
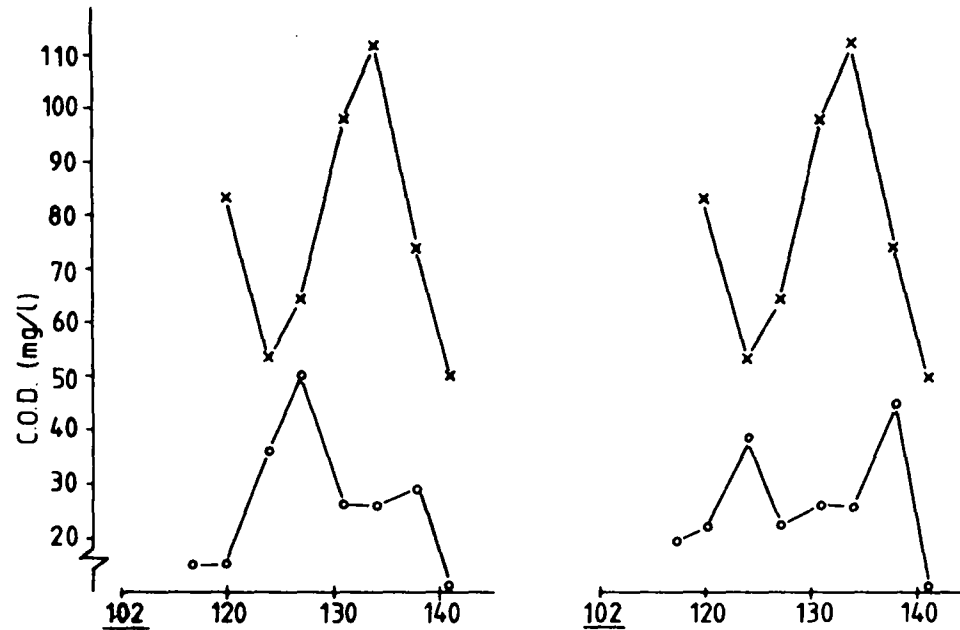
t<sub>T</sub>

3,0





Annex 4  
 figure 9  
 C.O.D. removal slow sand filters  
 Days: 02.11.84 - 30.11.84

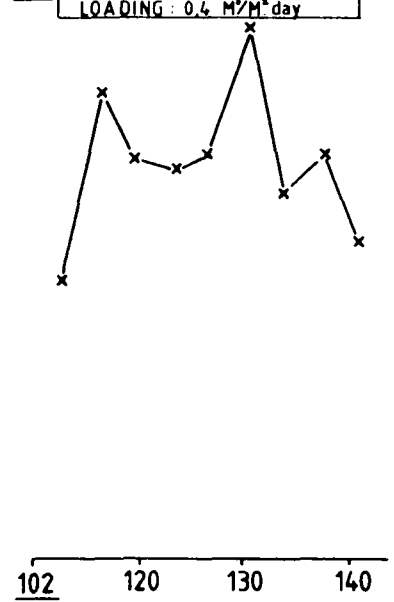
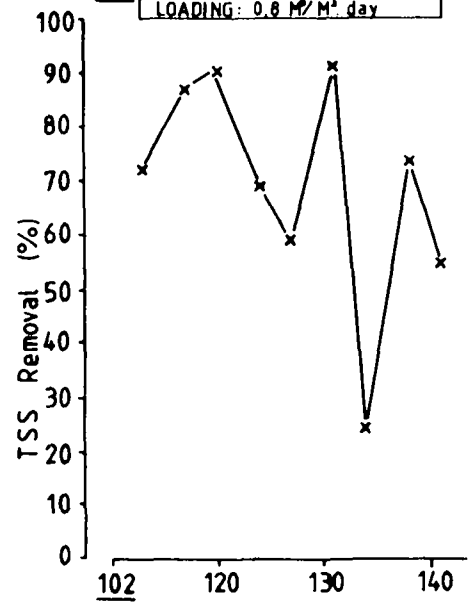
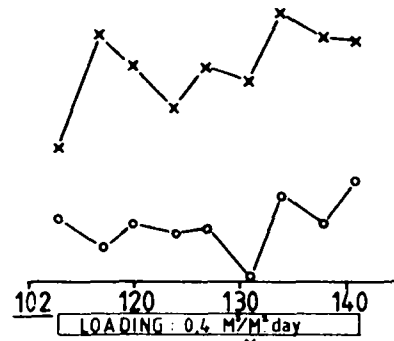
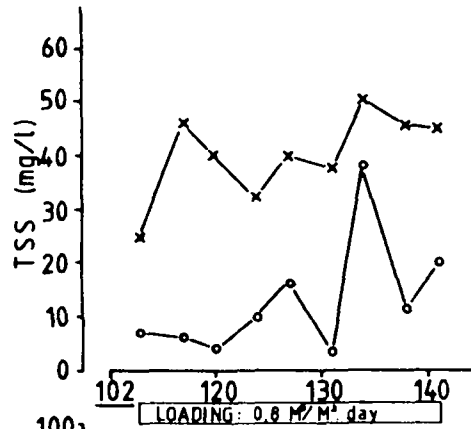


Results C.O.D. η%  
 × C.O.D. RAW

Annex 4  
figure 10

TSS removal slow sand filters  
Days : 02.11.84 - 30.11.84

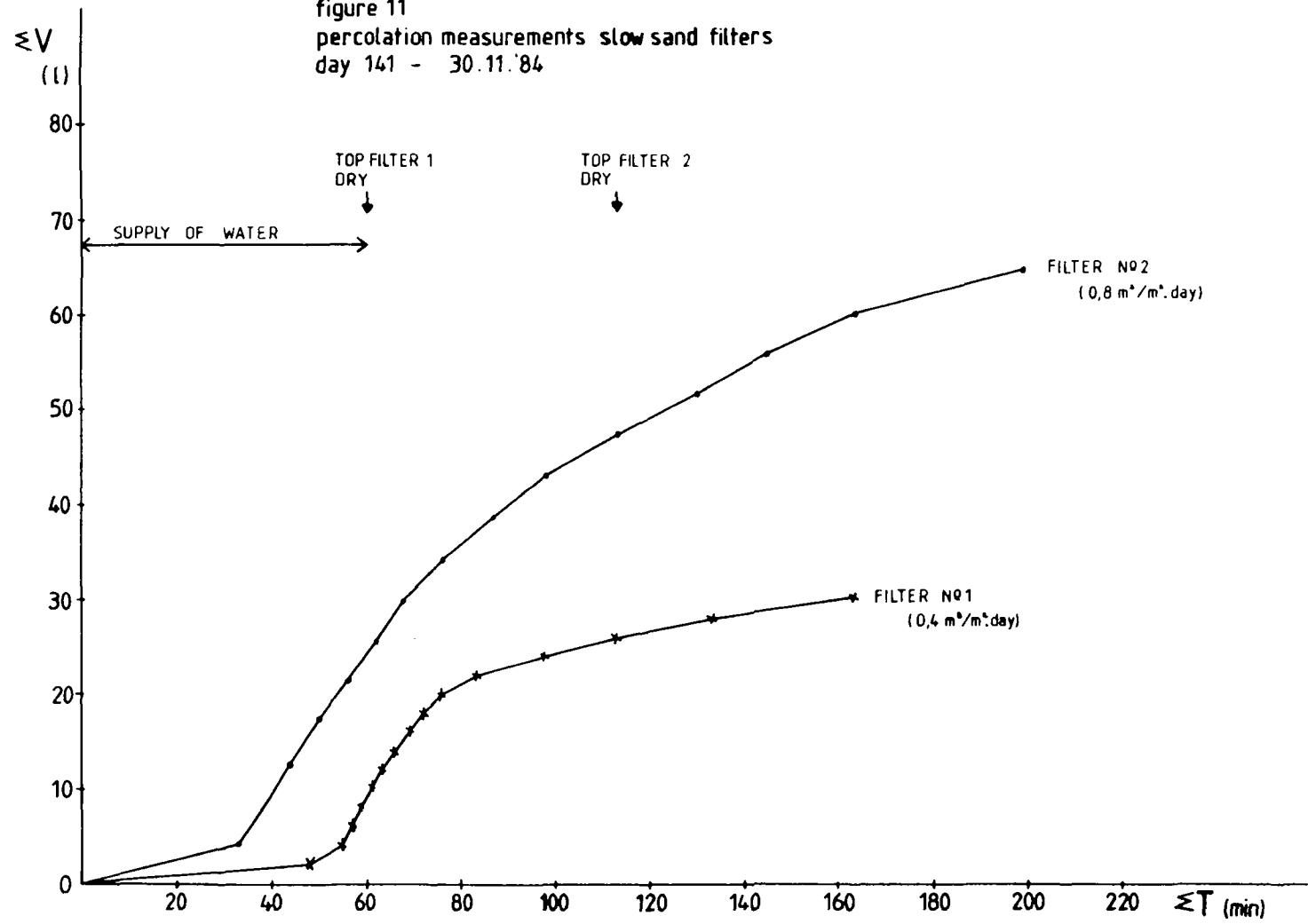
× influent  
○ effluent



Results TSS η%

× TSS

Annex 4  
figure 11  
percolation measurements slow sand filters  
day 141 - 30.11.84

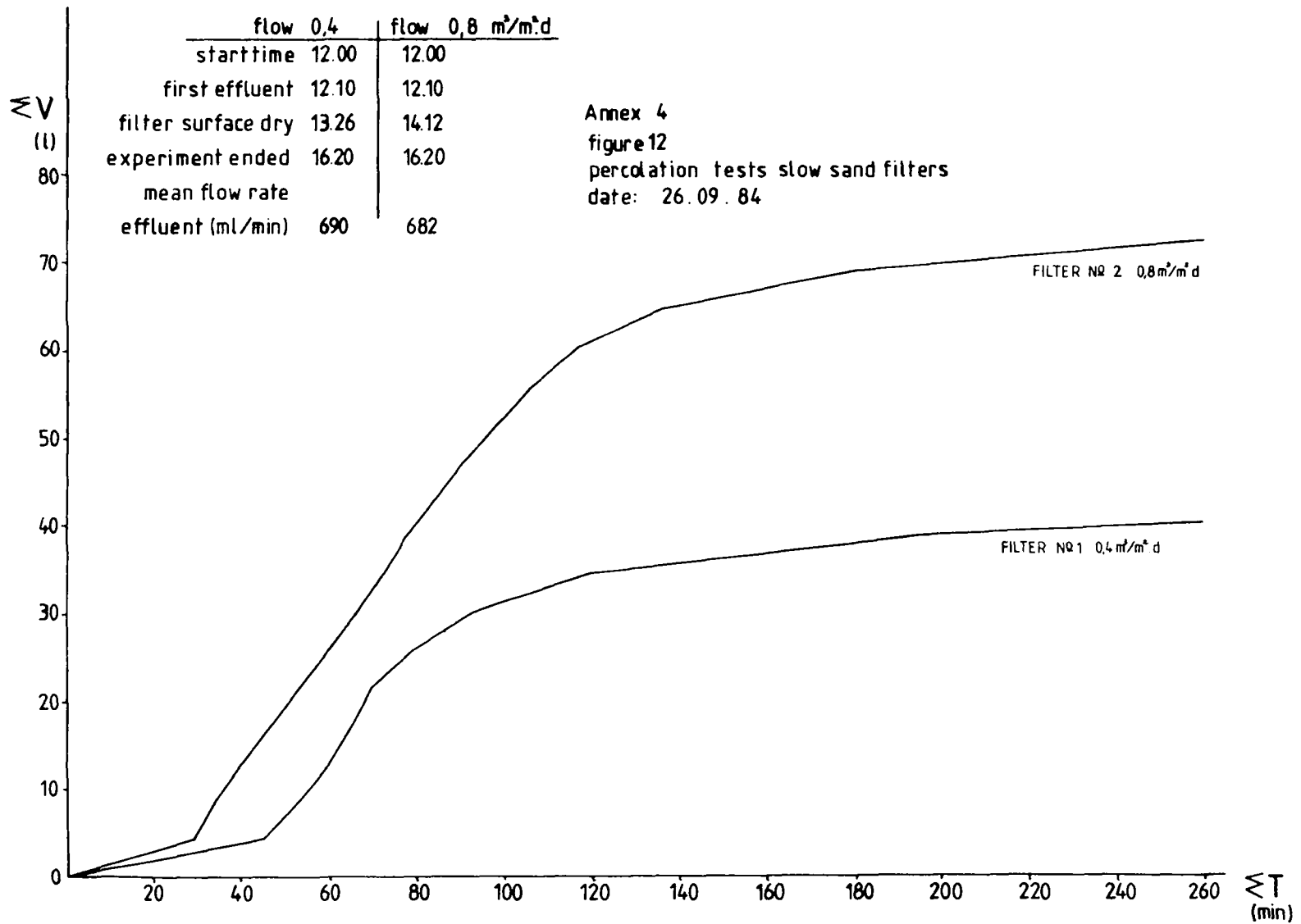




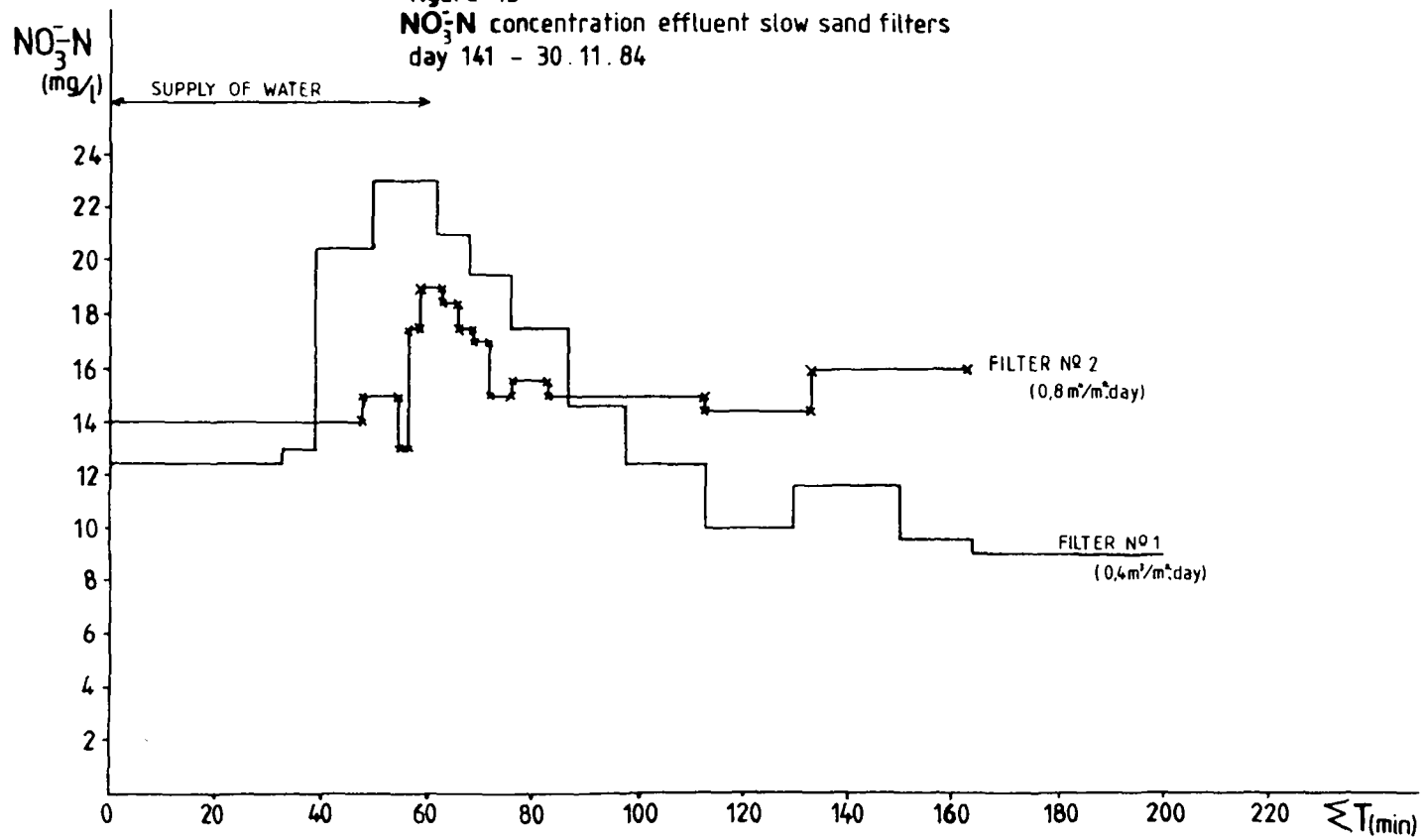
schedule: 1 hour application 5 hours rest

	flow 0,4	flow 0,8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> d
starttime	12.00	12.00
first effluent	12.10	12.10
filter surface dry	13.26	14.12
experiment ended	16.20	16.20
mean flow rate		
effluent (ml/min)	690	682

Annex 4  
 figure 12  
 percolation tests slow sand filters  
 date: 26.09.84



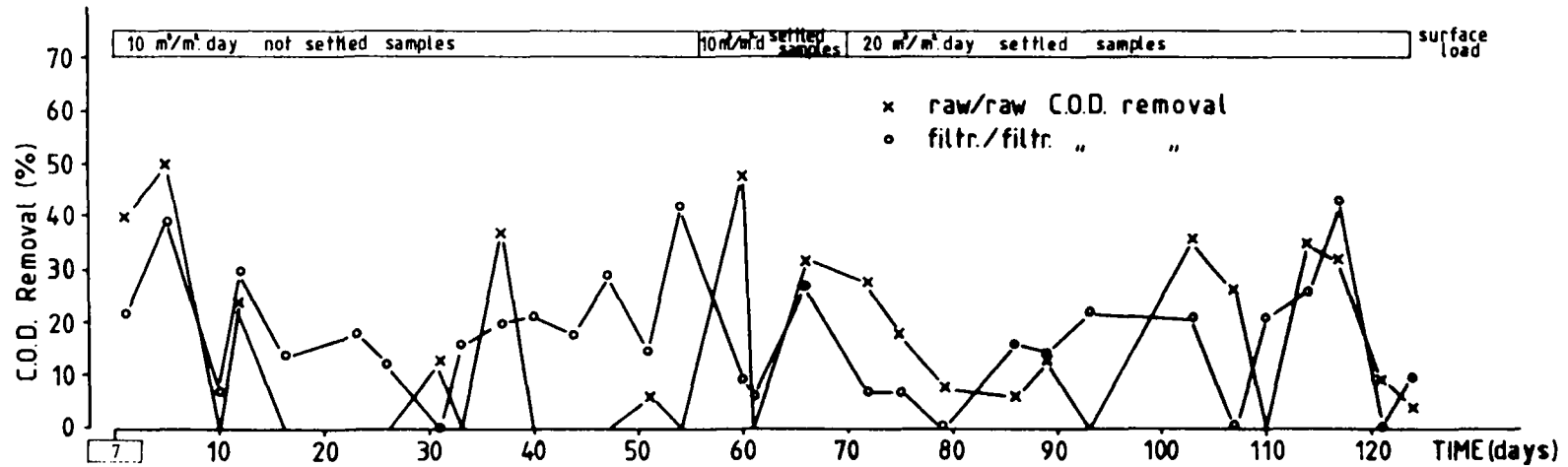
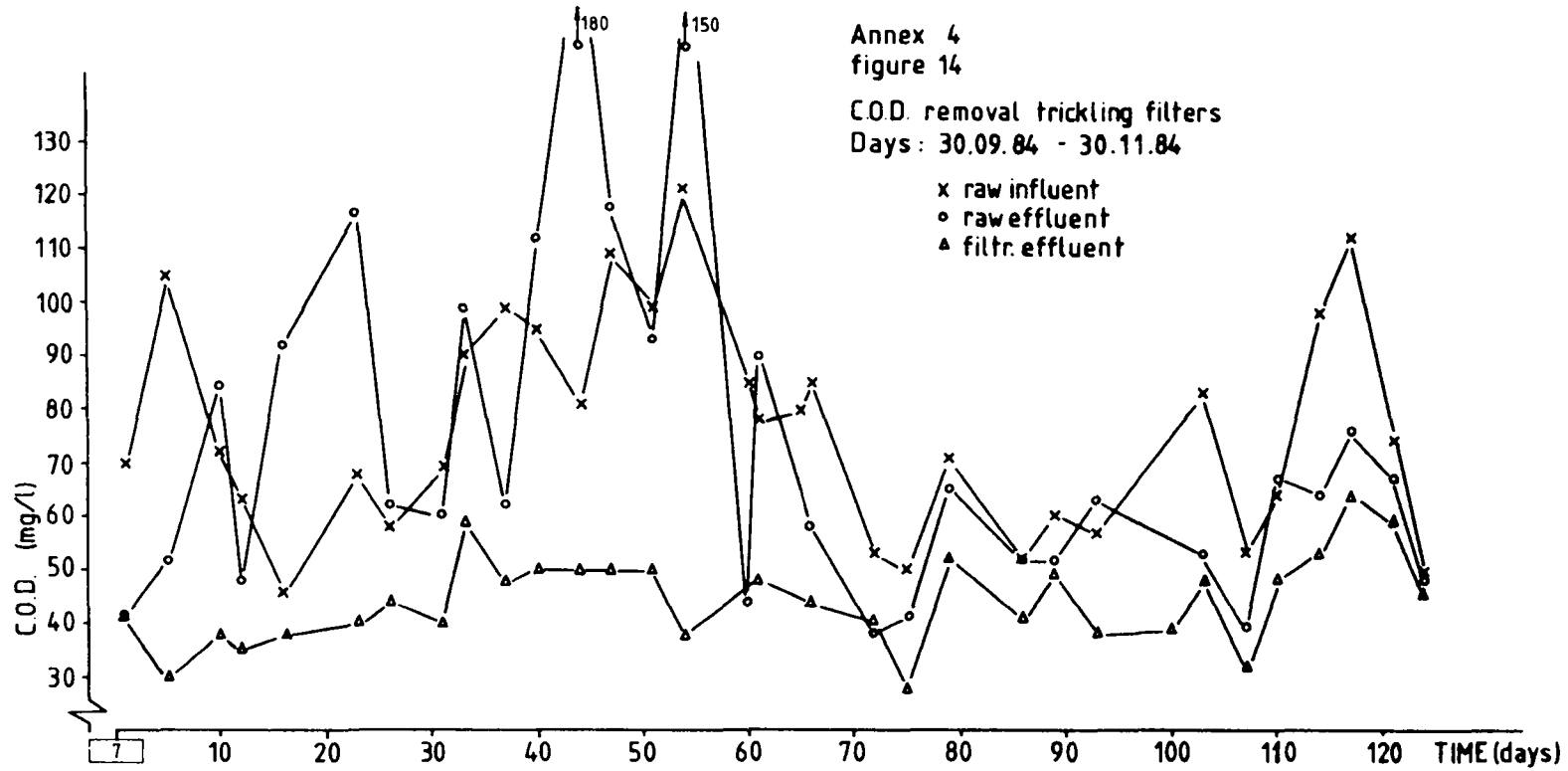
Annex 4  
figure 13  
 $\text{NO}_3^-$  concentration effluent slow sand filters  
day 141 - 30.11.84



Annex 4  
figure 14

C.O.D. removal trickling filters  
Days: 30.09.84 - 30.11.84

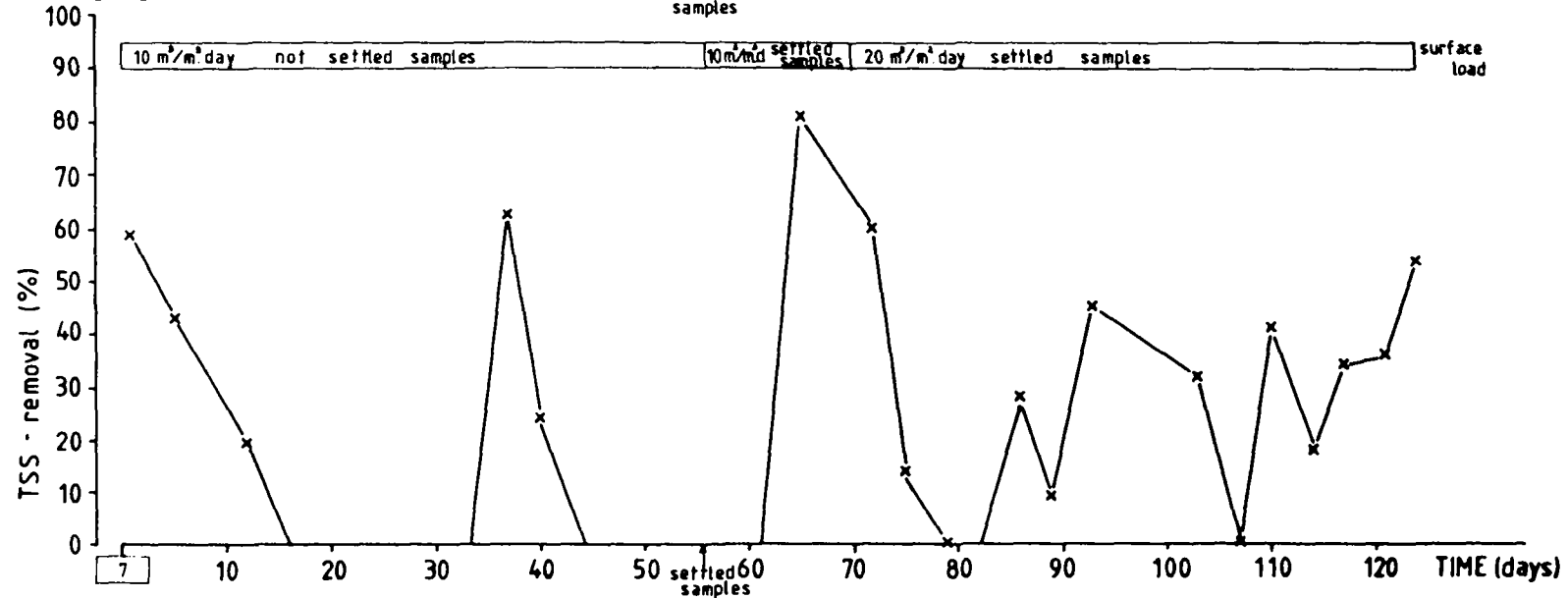
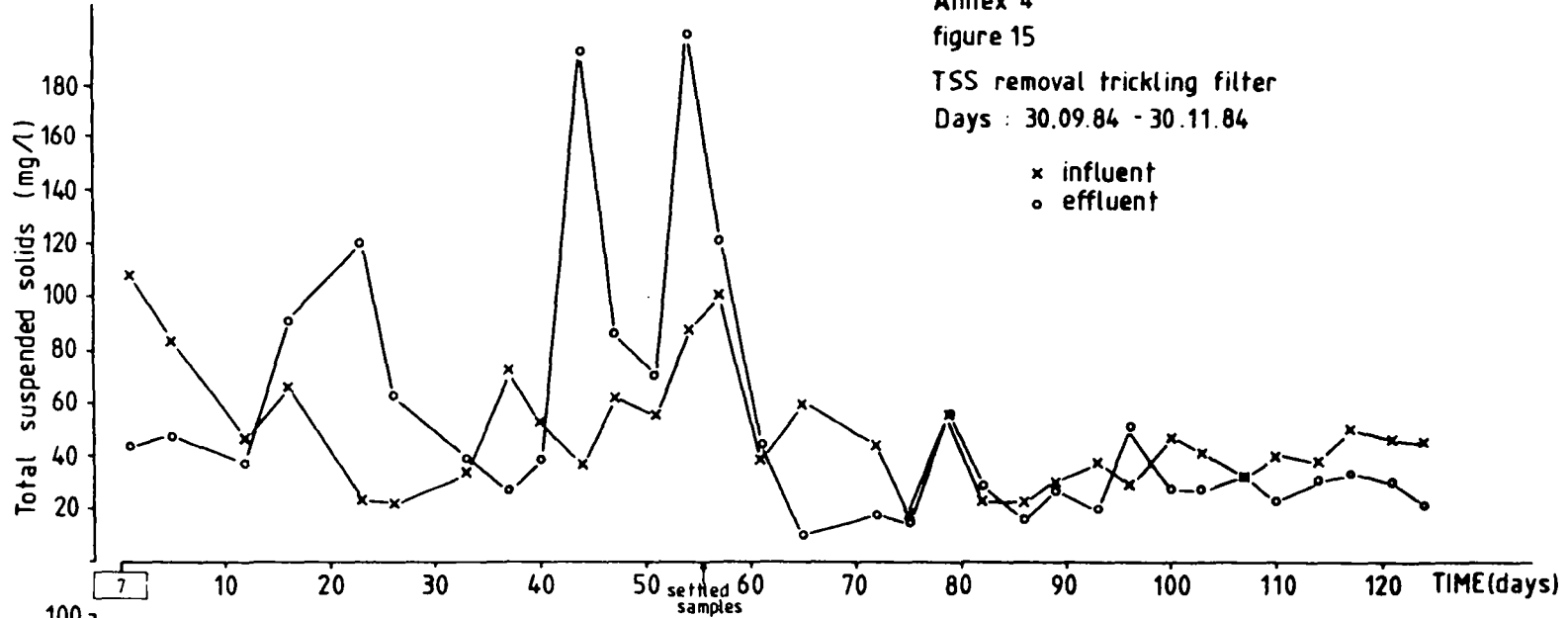
- x raw influent
- o raw effluent
- ▲ filtr. effluent



Annex 4  
figure 15

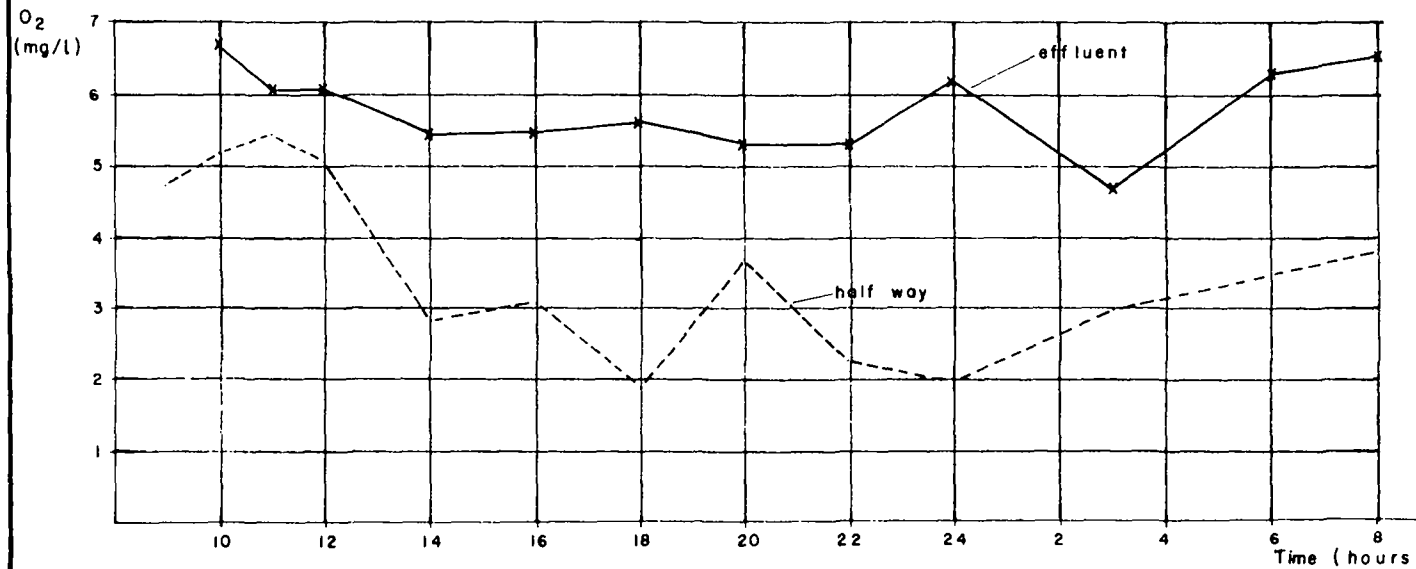
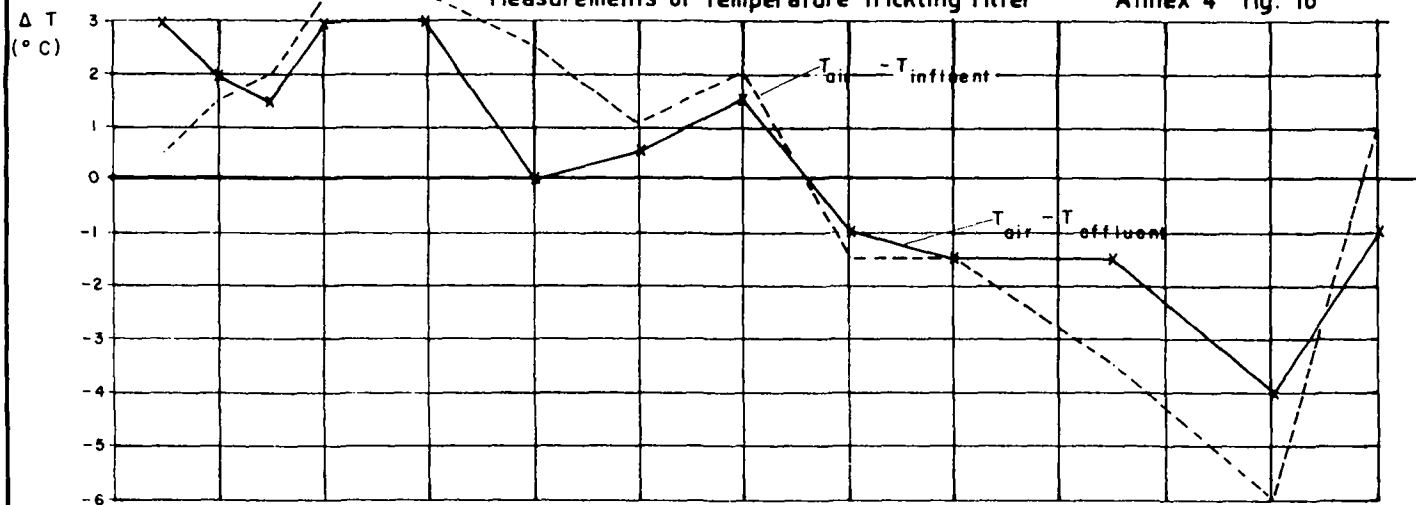
TSS removal trickling filter  
Days : 30.09.84 - 30.11.84

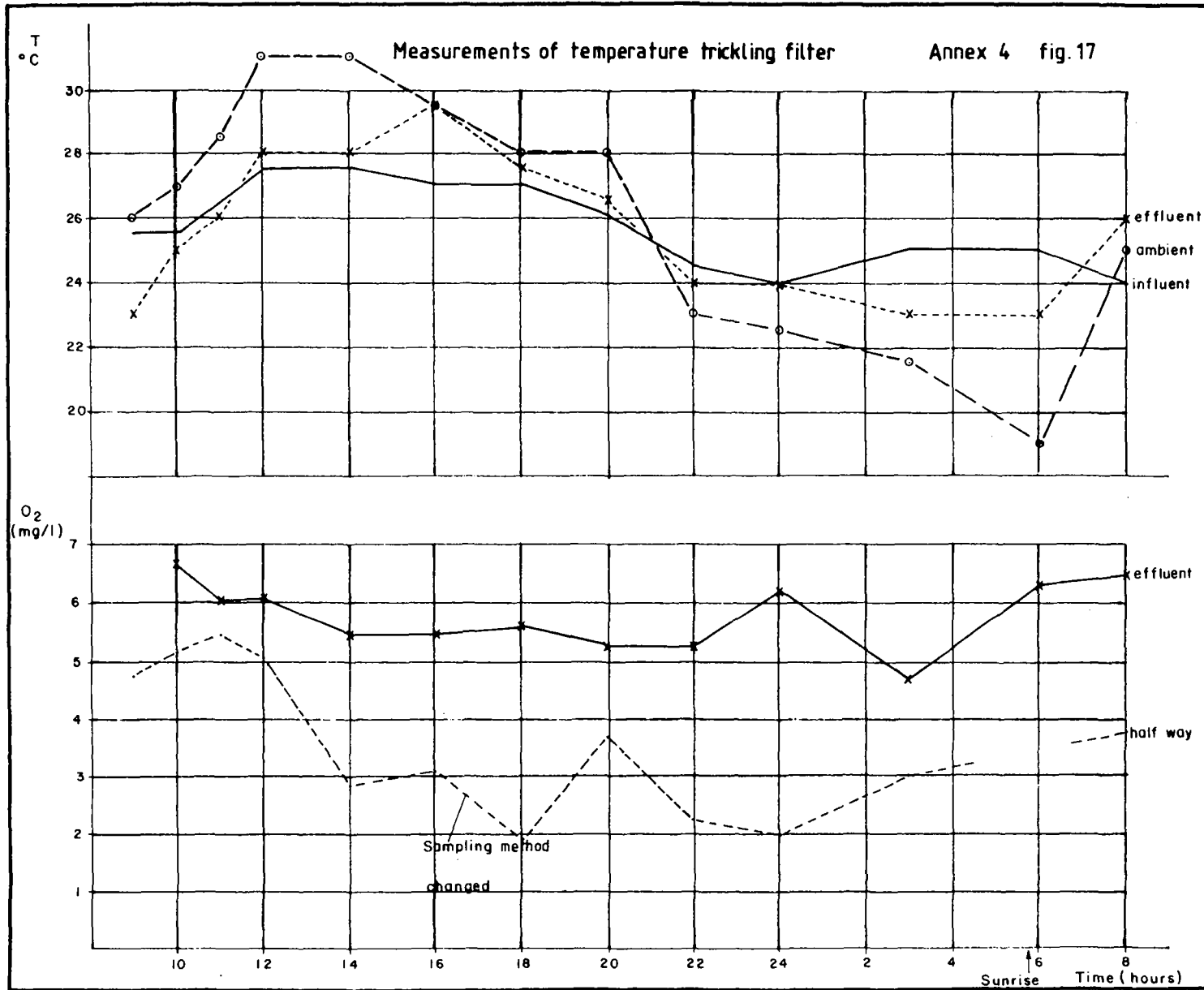
x influent  
o effluent



Measurements of temperature trickling filter

Annex 4 fig. 16

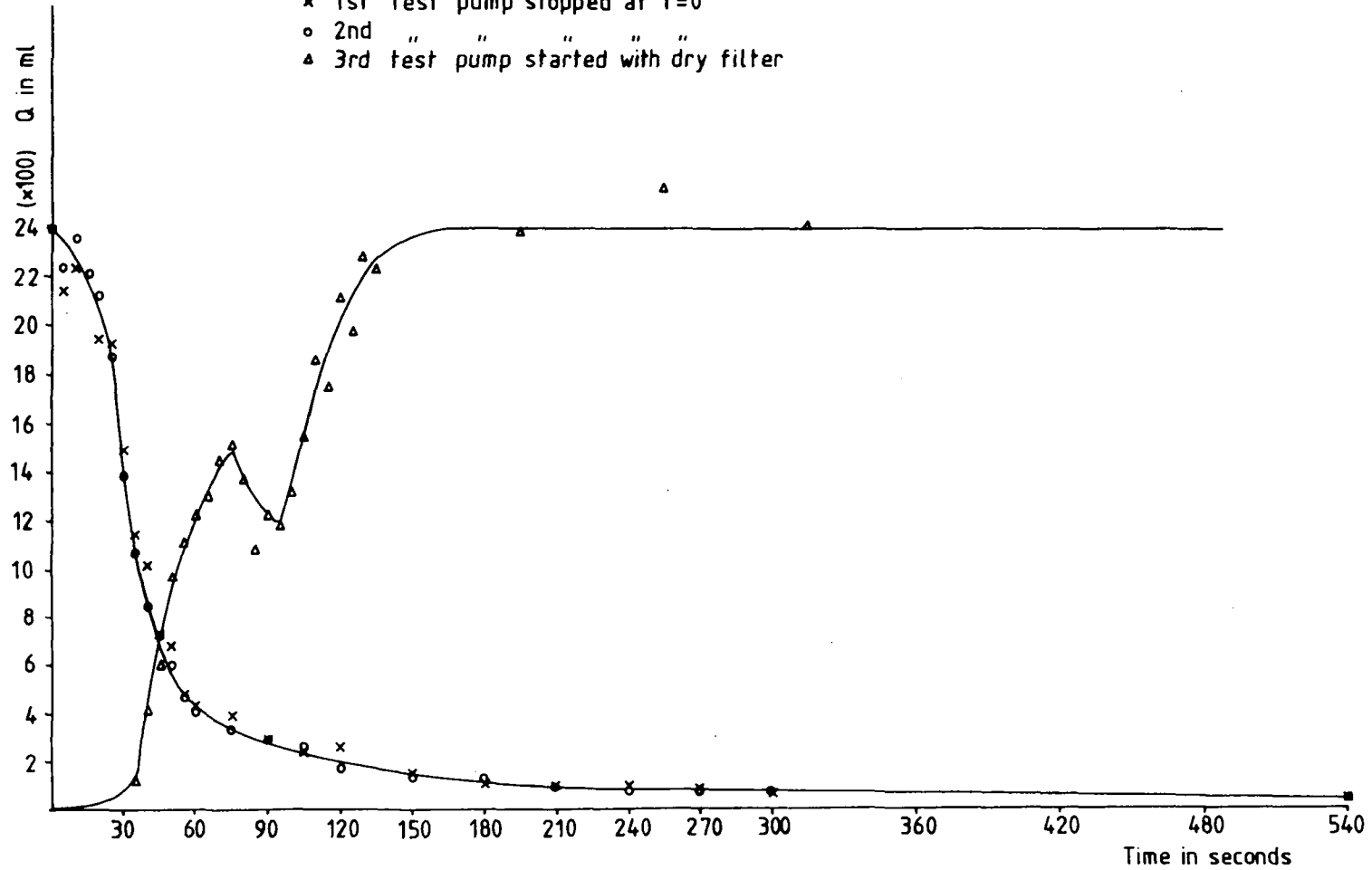


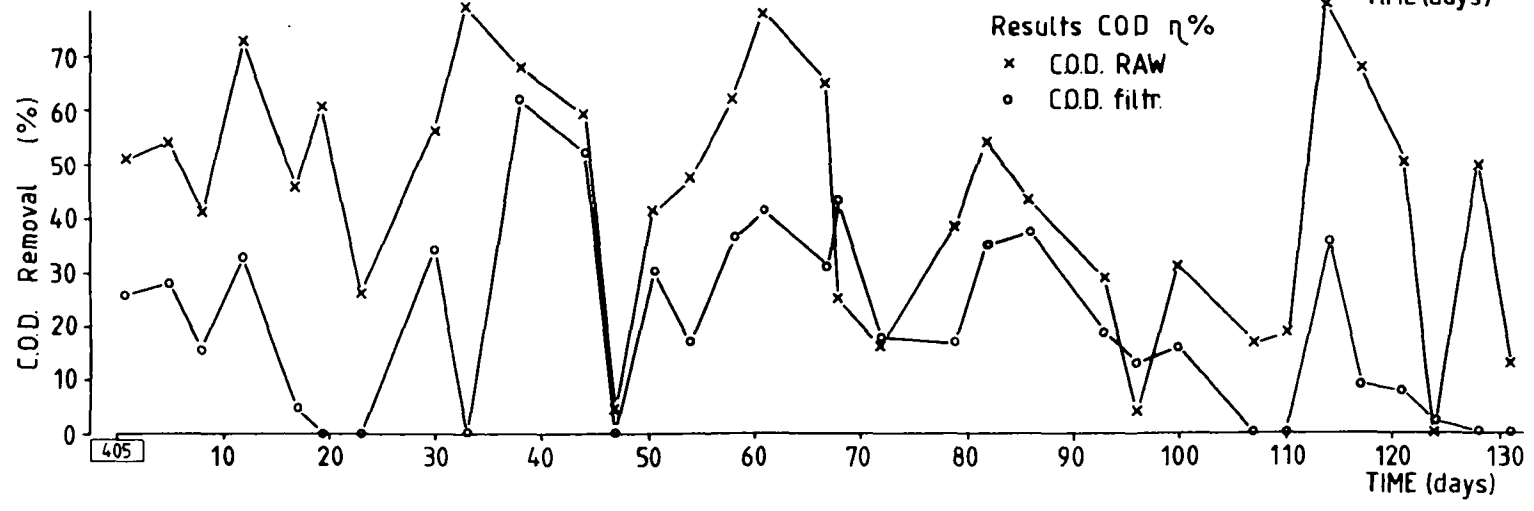
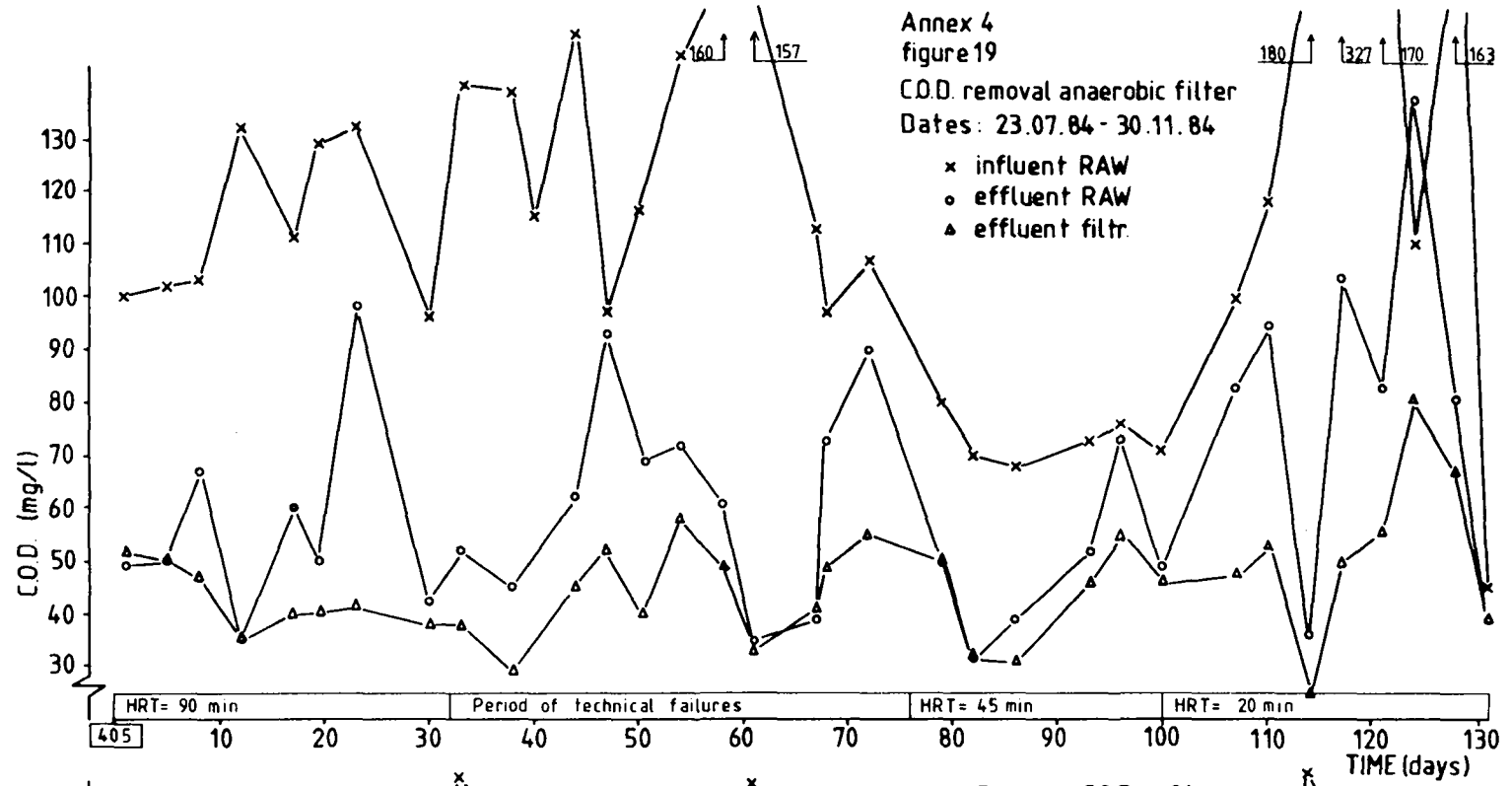


Annex 4  
figure 18

Analysis of the retention time of the trickling filter

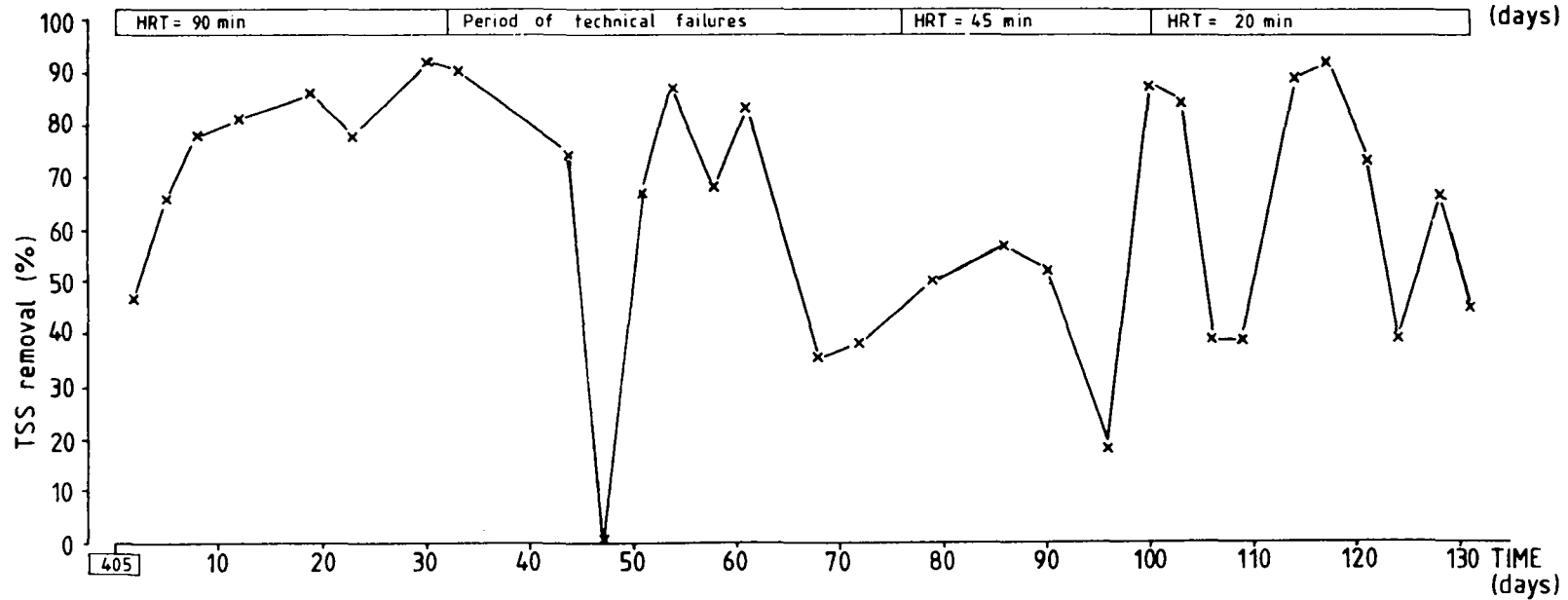
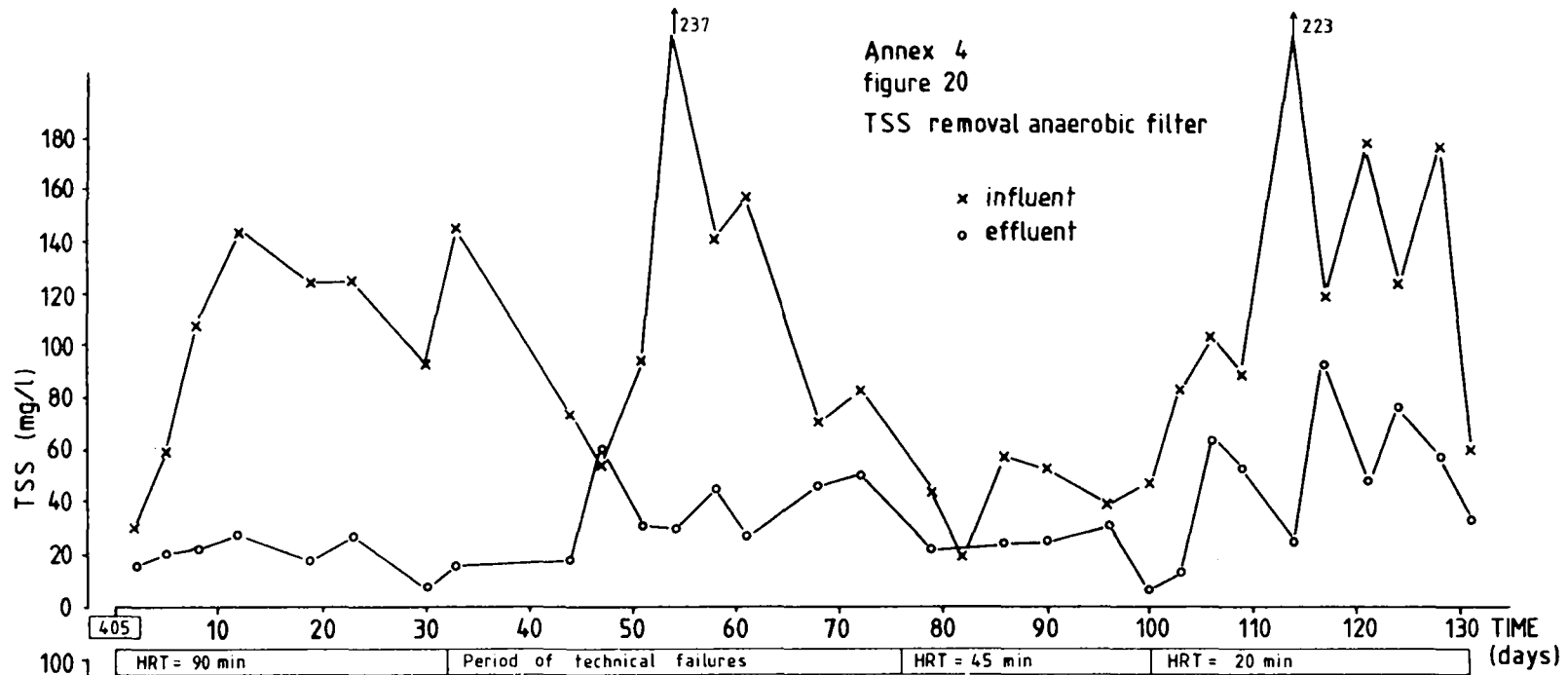
- x 1st test pump stopped at  $t=0$
- o 2nd " " " " "
- Δ 3rd test pump started with dry filter

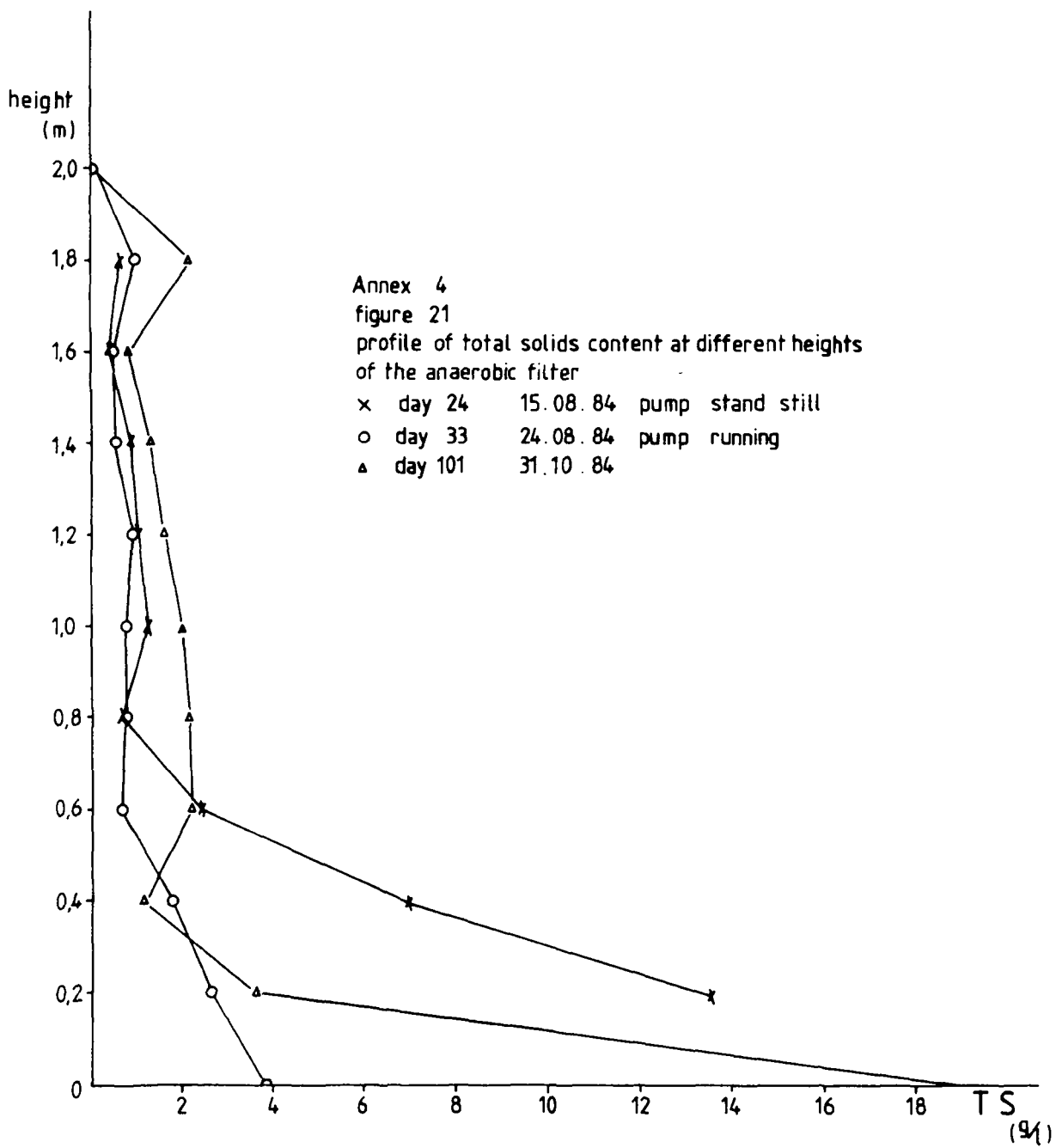






Annex 4  
figure 20  
TSS removal anaerobic filter





Annex 4  
figure 22

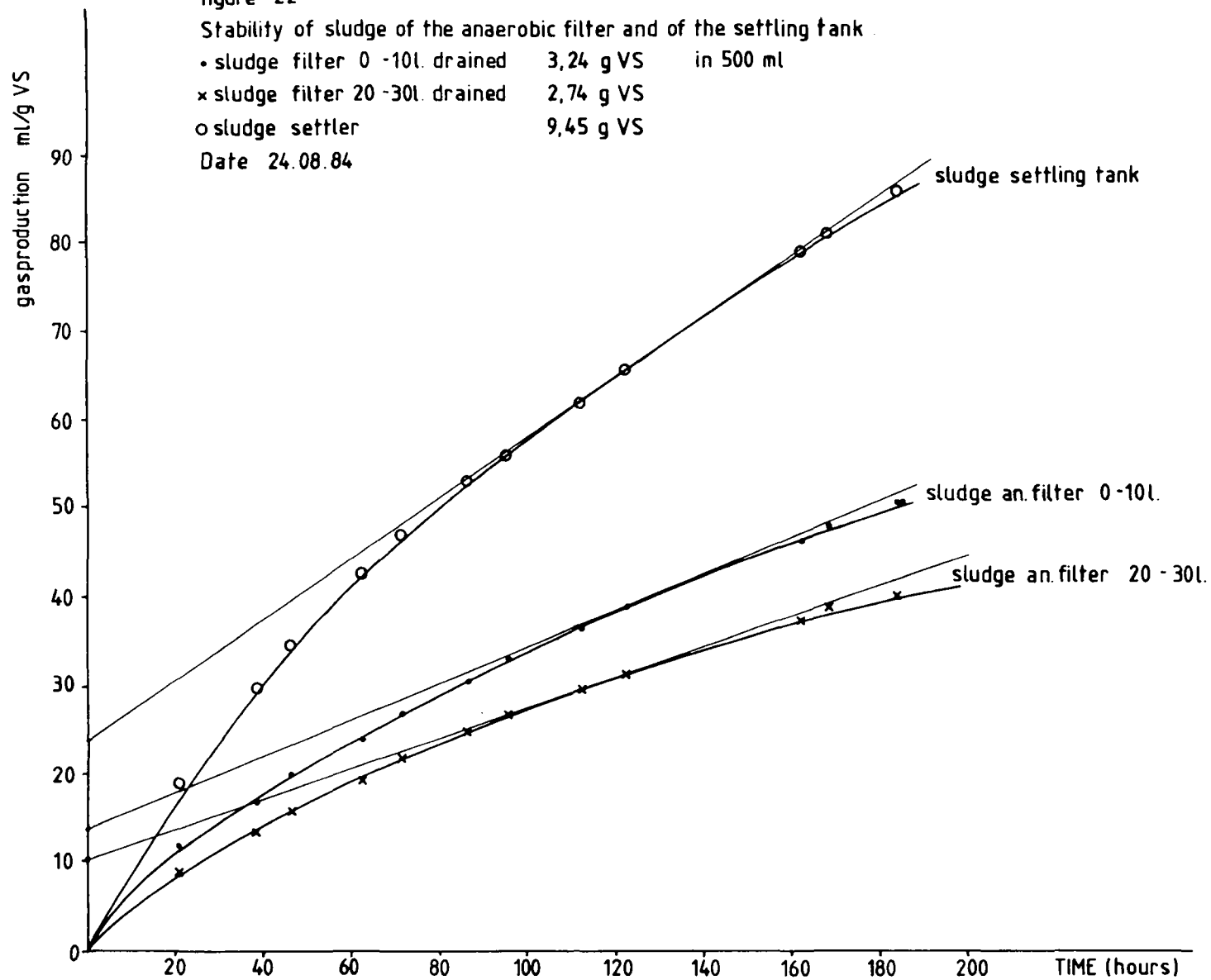
Stability of sludge of the anaerobic filter and of the settling tank

• sludge filter 0 -10l. drained 3,24 g VS in 500 ml

× sludge filter 20 -30l. drained 2,74 g VS

○ sludge settler 9,45 g VS

Date 24.08.84

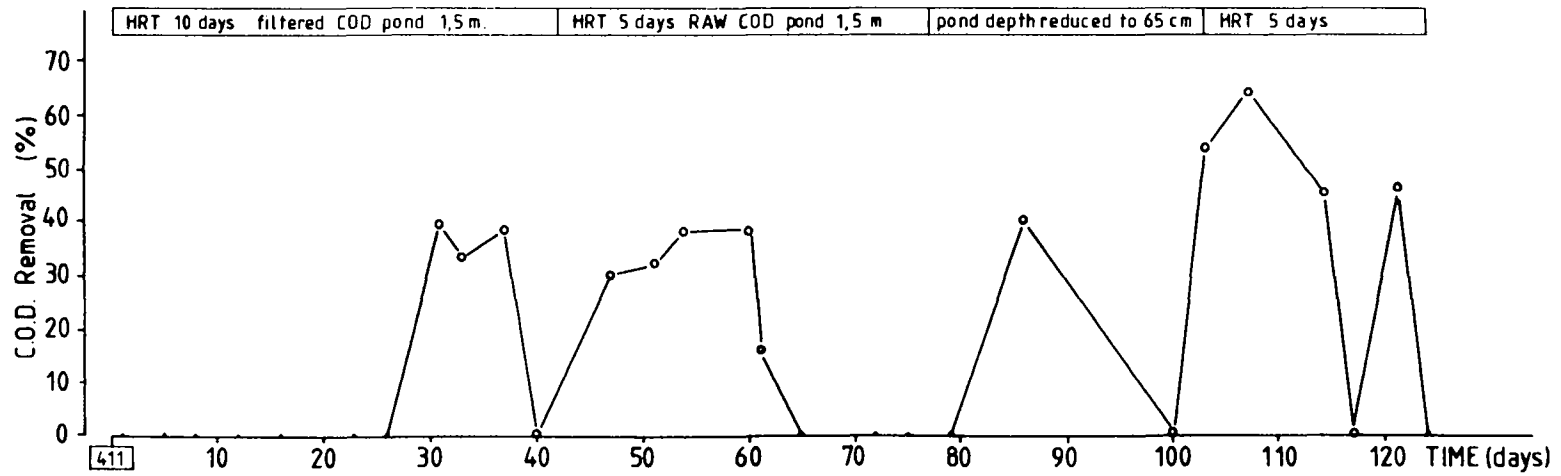
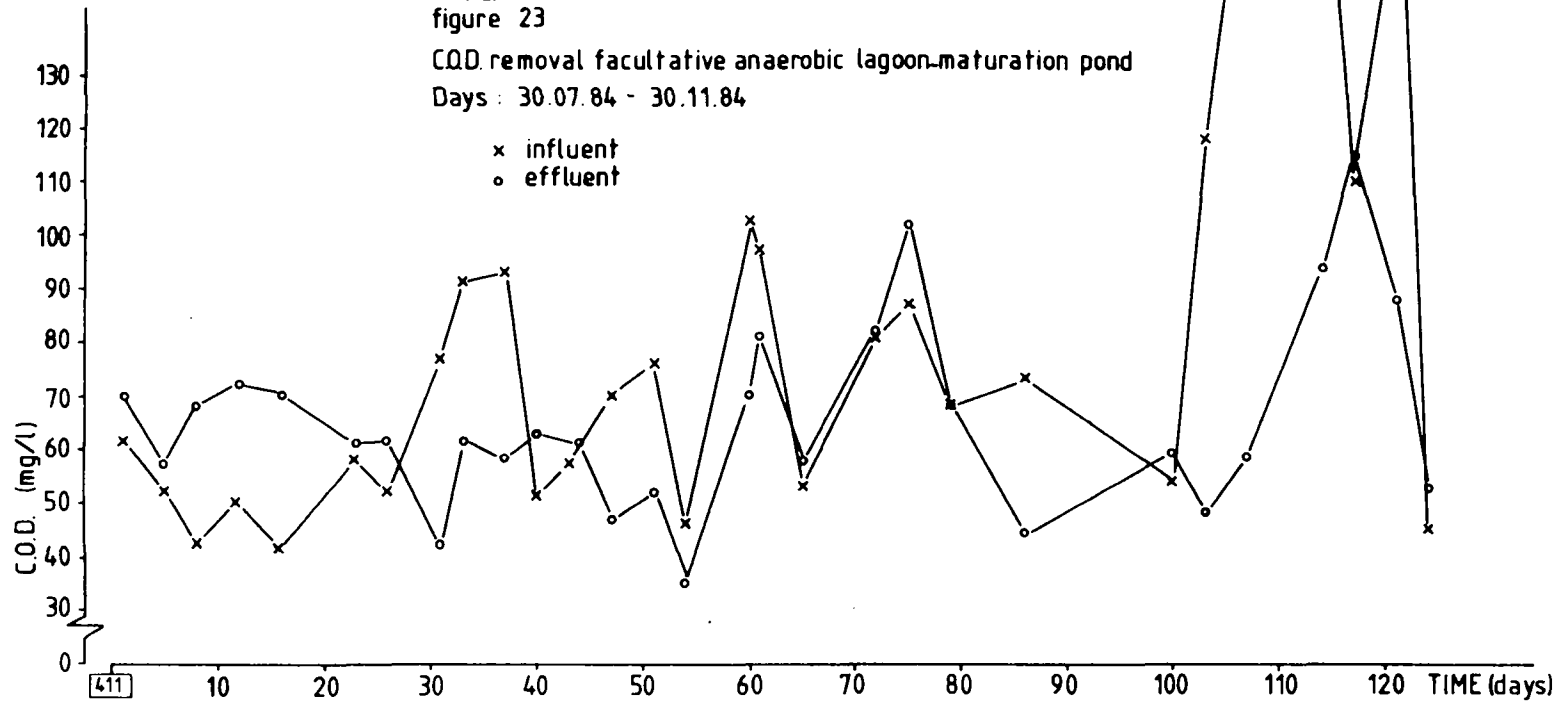


Annex 4  
figure 23

COD removal facultative anaerobic lagoon-maturation pond

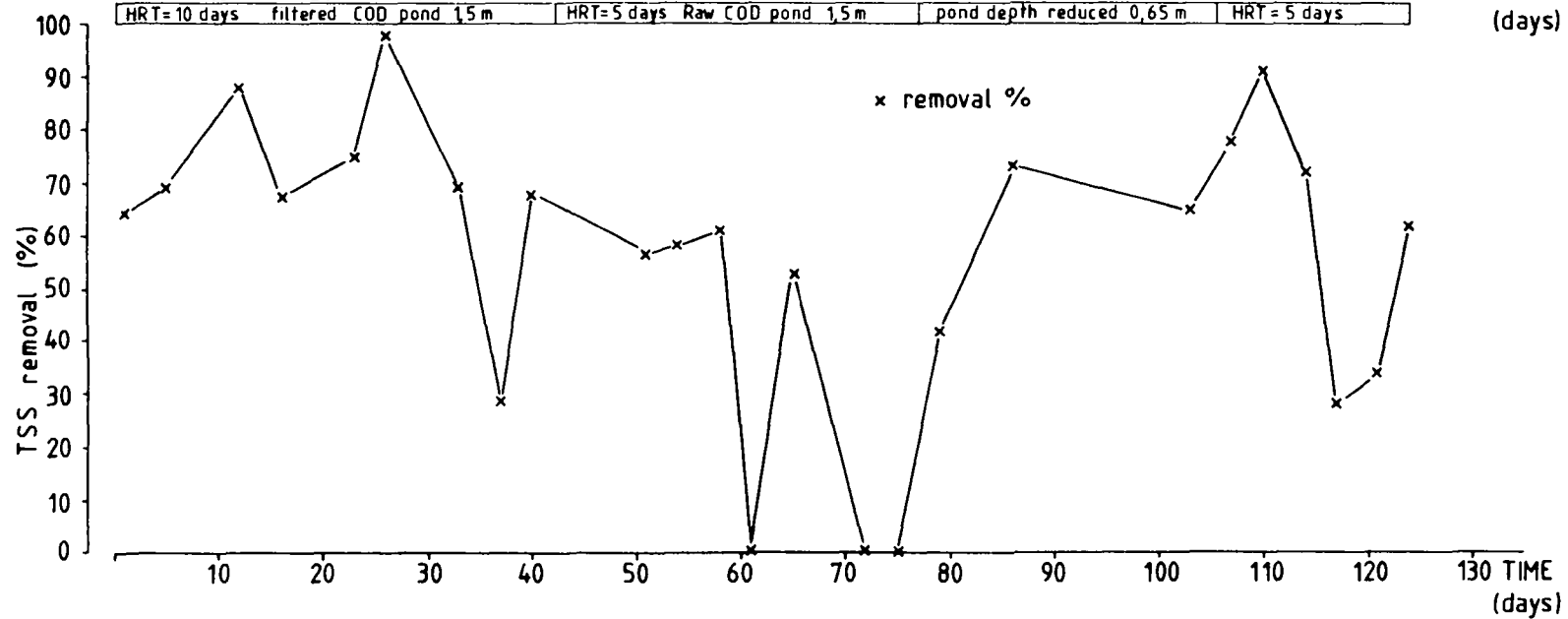
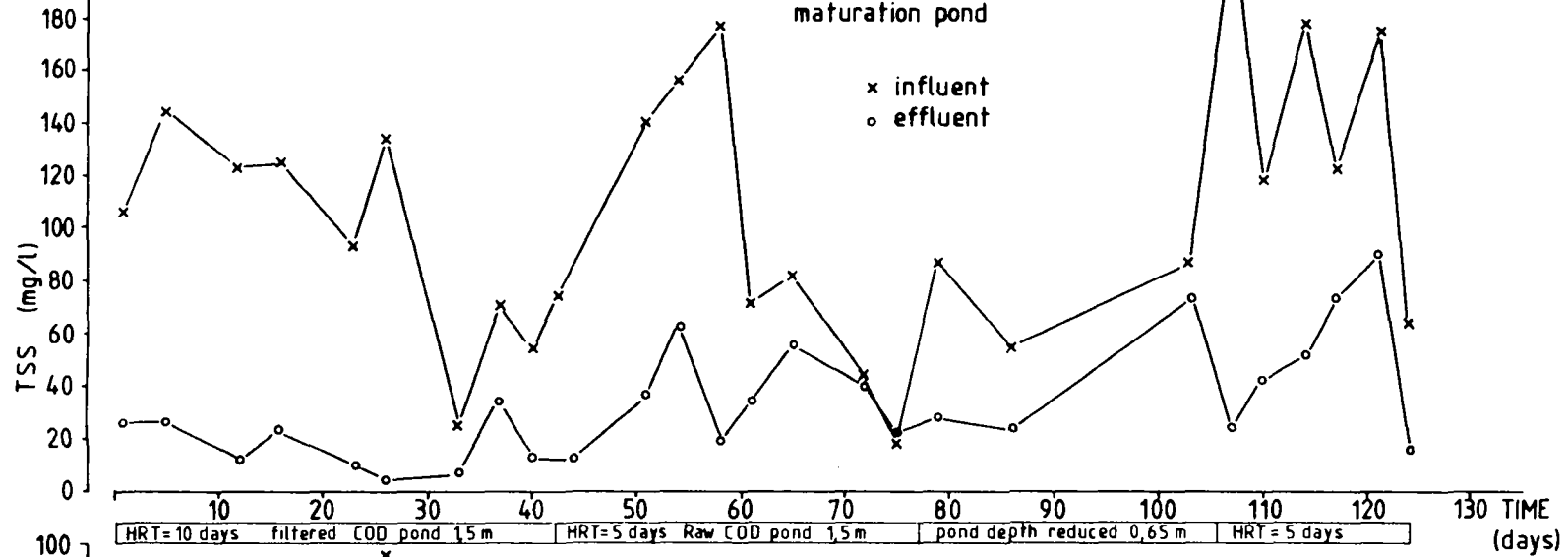
Days : 30.07.84 - 30.11.84

x influent  
o effluent

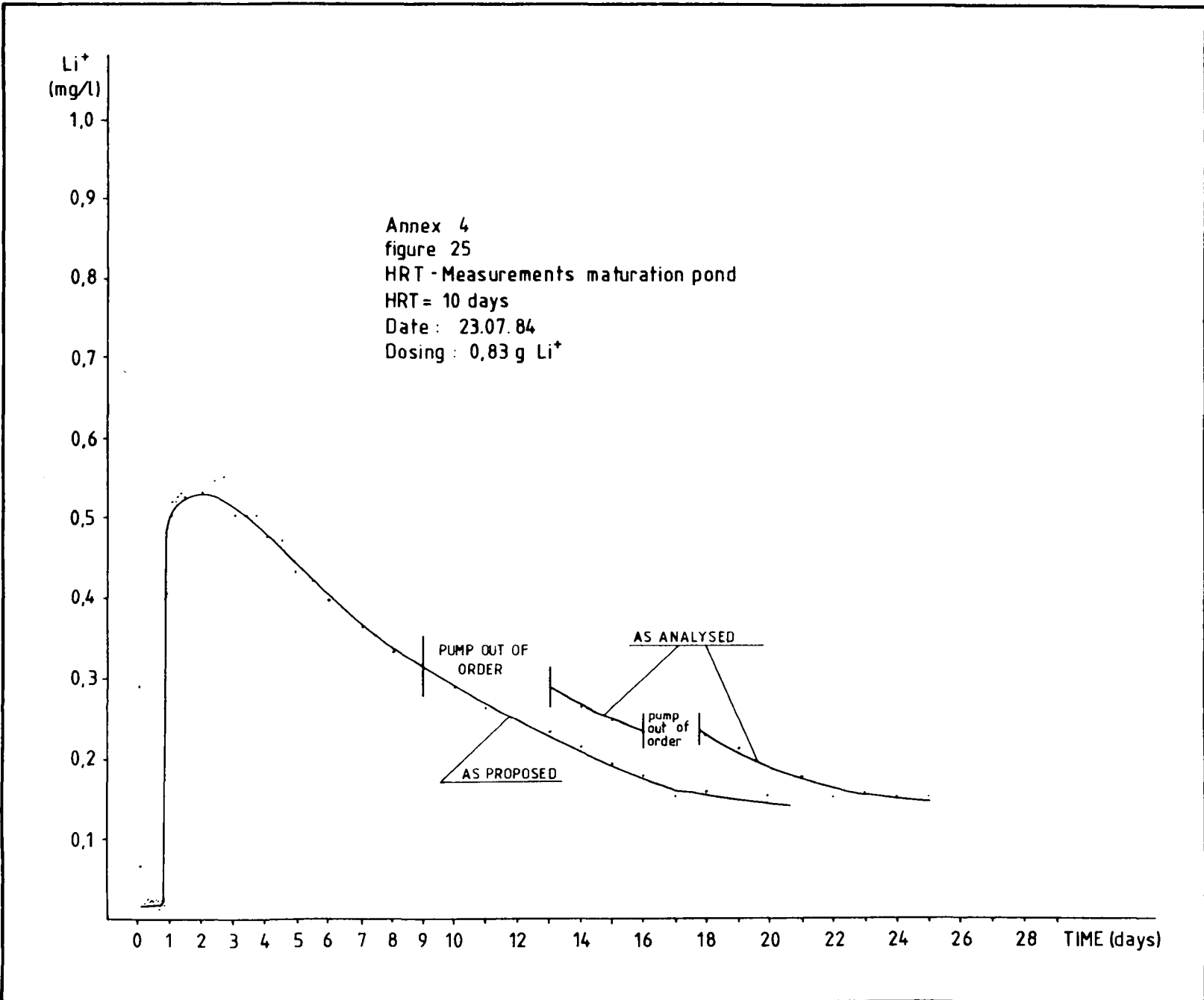


Annex 4  
figure 24

TSS removal fac. anaerobic lagoon  
maturation pond



HRT=10 days filtered COD pond 1,5 m | HRT=5 days Raw COD pond 1,5 m | pond depth reduced 0,65 m | HRT=5 days



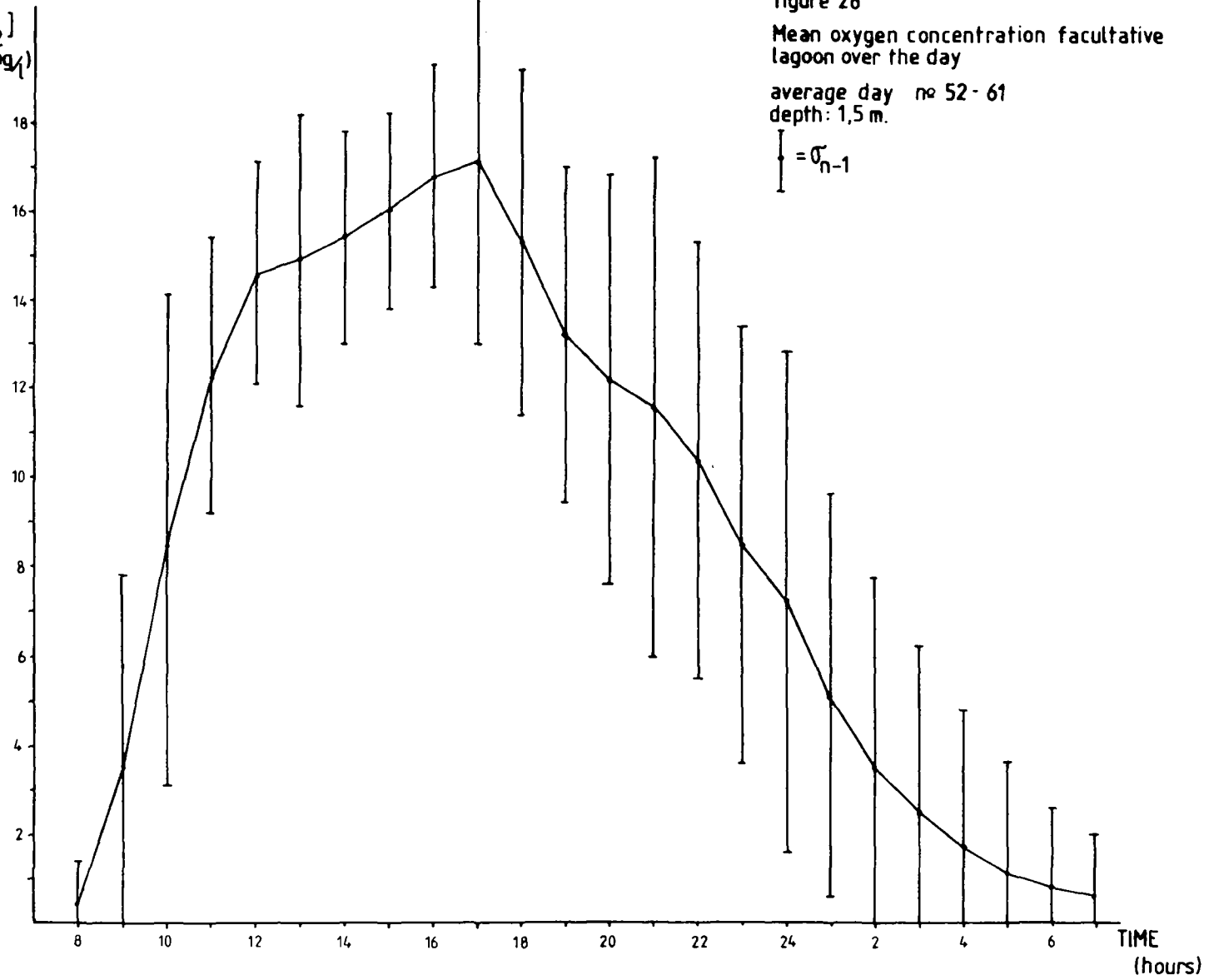
[O<sub>2</sub>]  
(mg/l)

Annex 4  
figure 26

Mean oxygen concentration facultative  
lagoon over the day

average day no 52 - 61  
depth: 1,5 m.

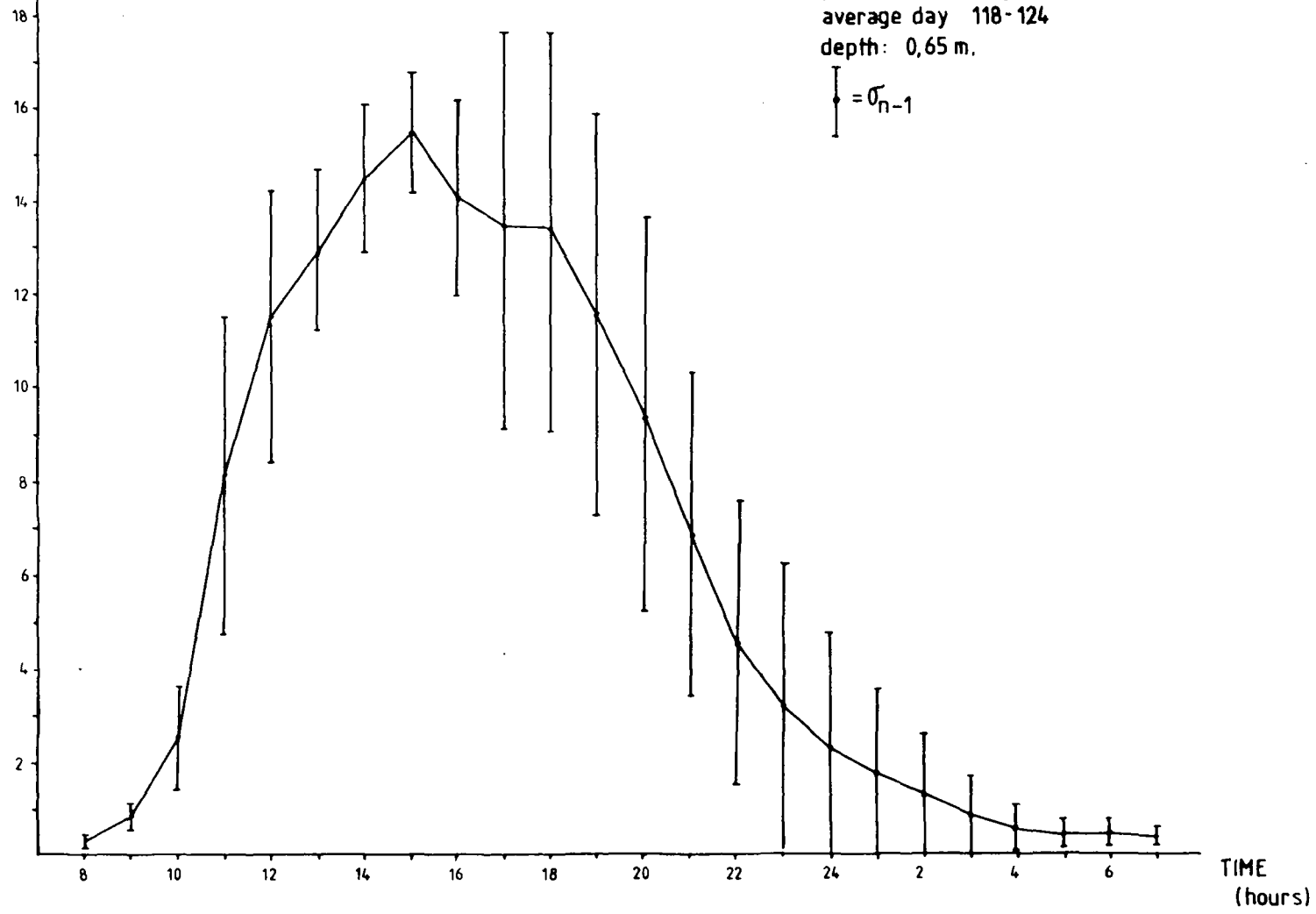
$\left| \right| = \sigma_{n-1}$



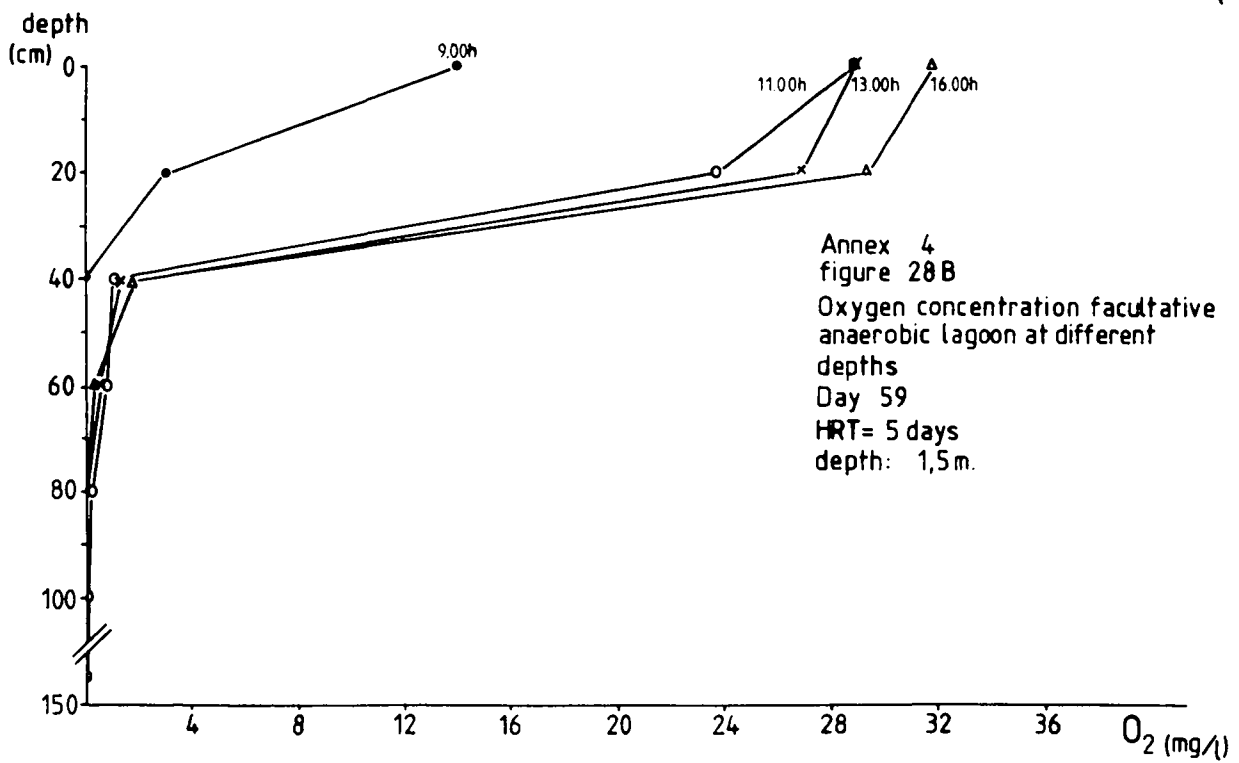
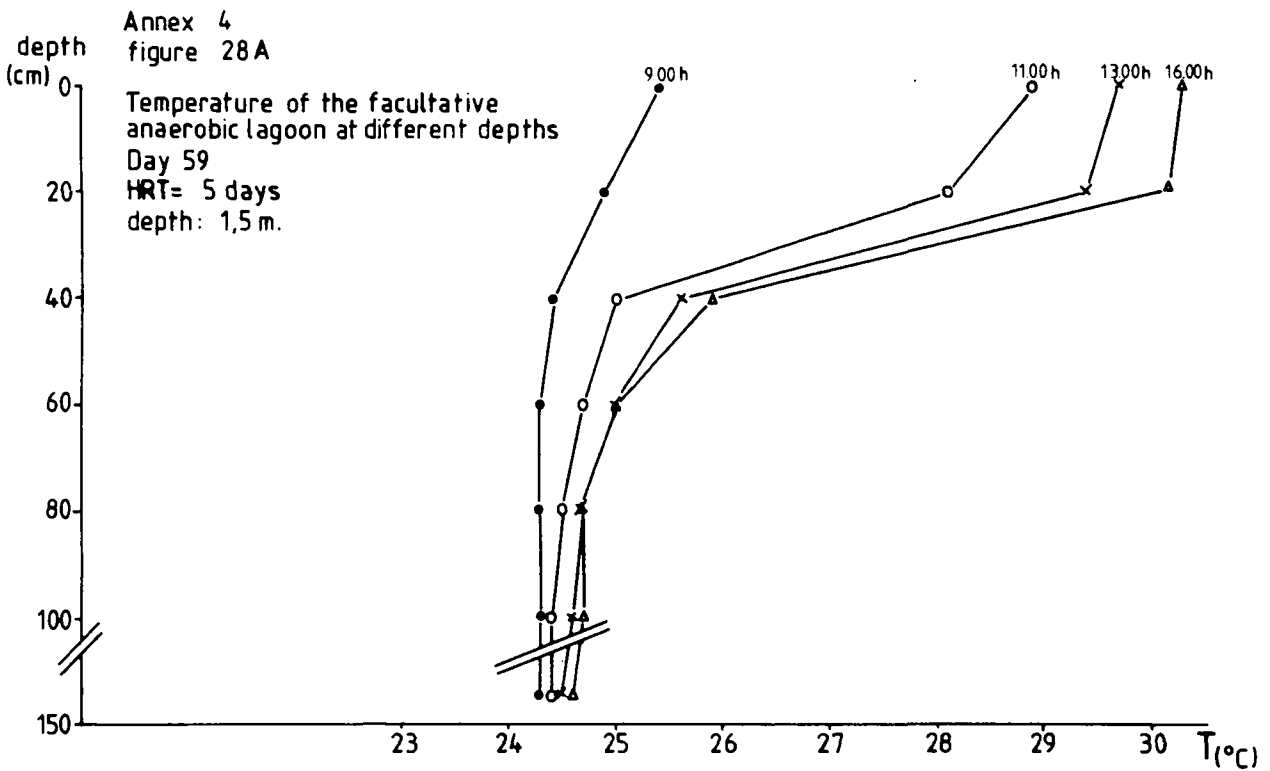
[O<sub>2</sub>]  
(mg/l)

Annex 4  
figure 27  
Mean oxygen concentration in maturation  
pond over the day  
average day 118-124  
depth: 0,65 m.

$\sigma_{n-1}$



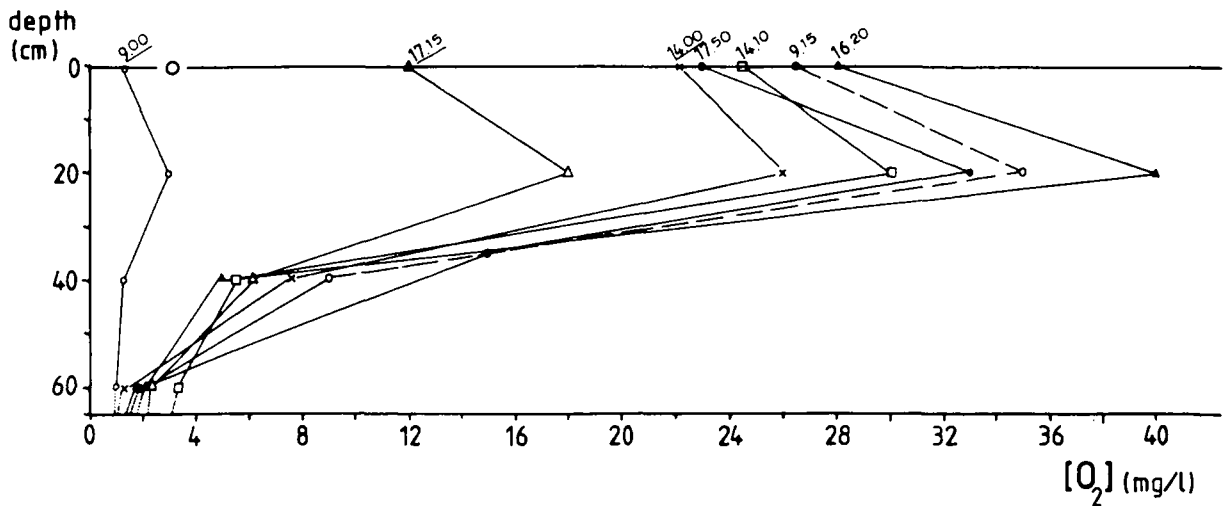
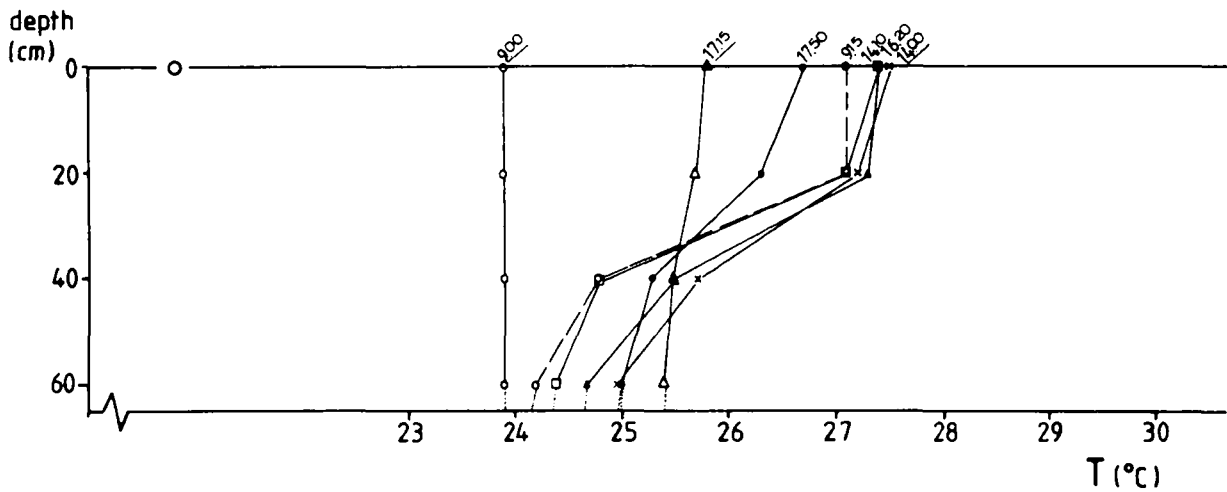




Annex 4  
figure 29

Temperature and oxygen of the maturation  
pond at different depths  
Day 123, 124  
HRT: 5 days  
depth: 0,65 m.

day	time	weather
○—○	123 9:15	sunny
□—□	" 14:10	
▲—▲	" 16:20	
●—●	" 17:50	
○—○	124 9:00	lightly clouded
×—×	" 16:00	
△—△	" 17:15	

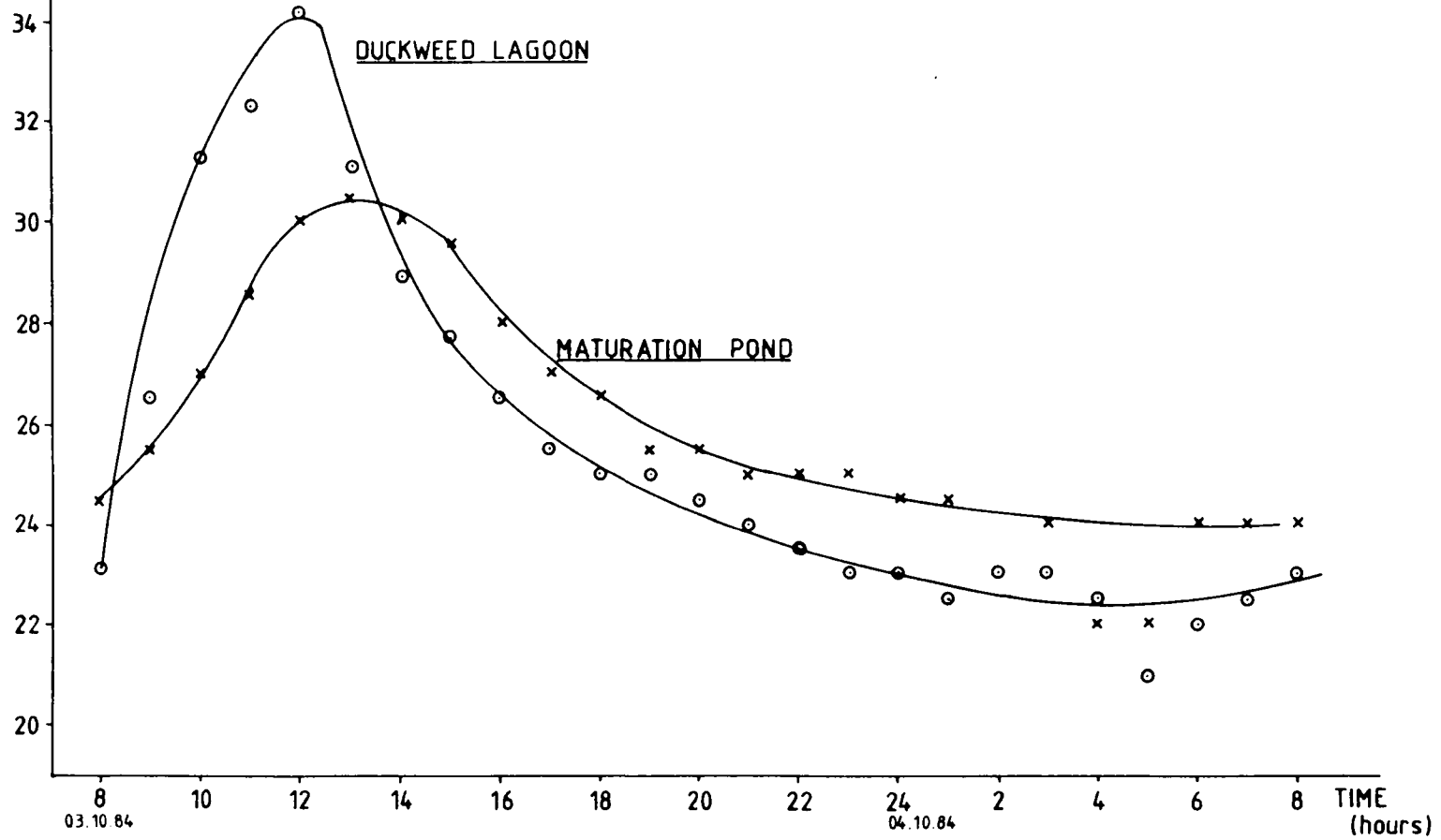


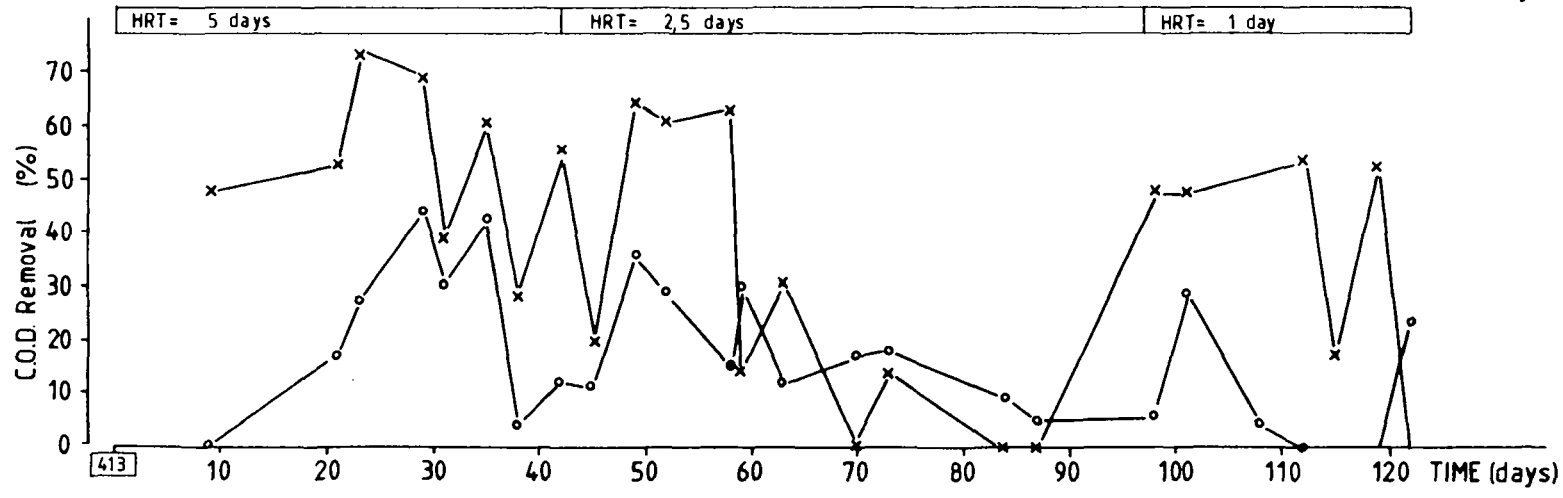
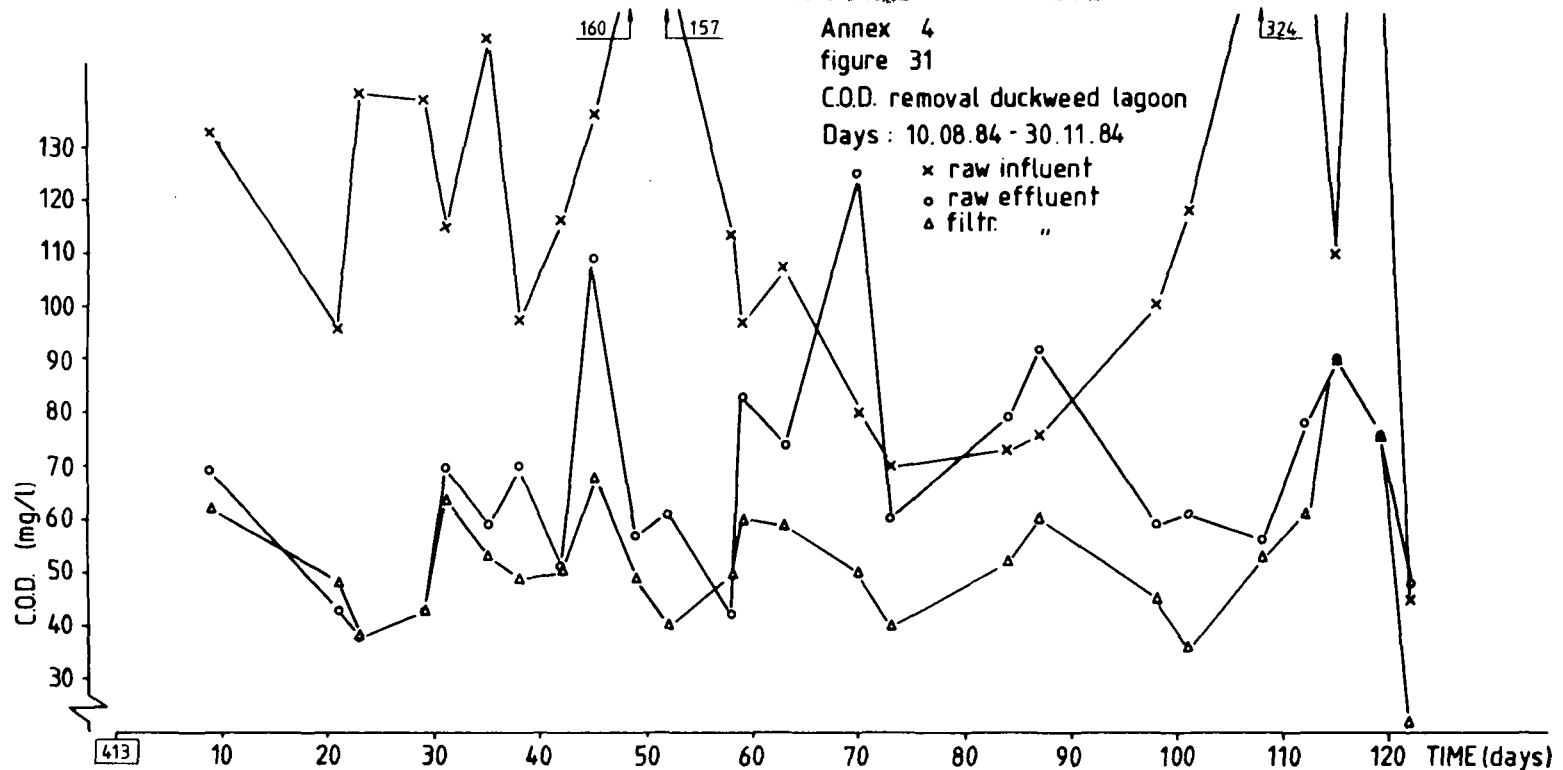
T  
(°C)

Annex 4  
figure 30

Temperature measurements maturation pond and duckweed  
lagoon during 24 hours 03.10.84 - 04.10.84

O<sub>2</sub> concentration between 13.30 - 14.30 : 0,2 mg/l → 0,05 mg/l



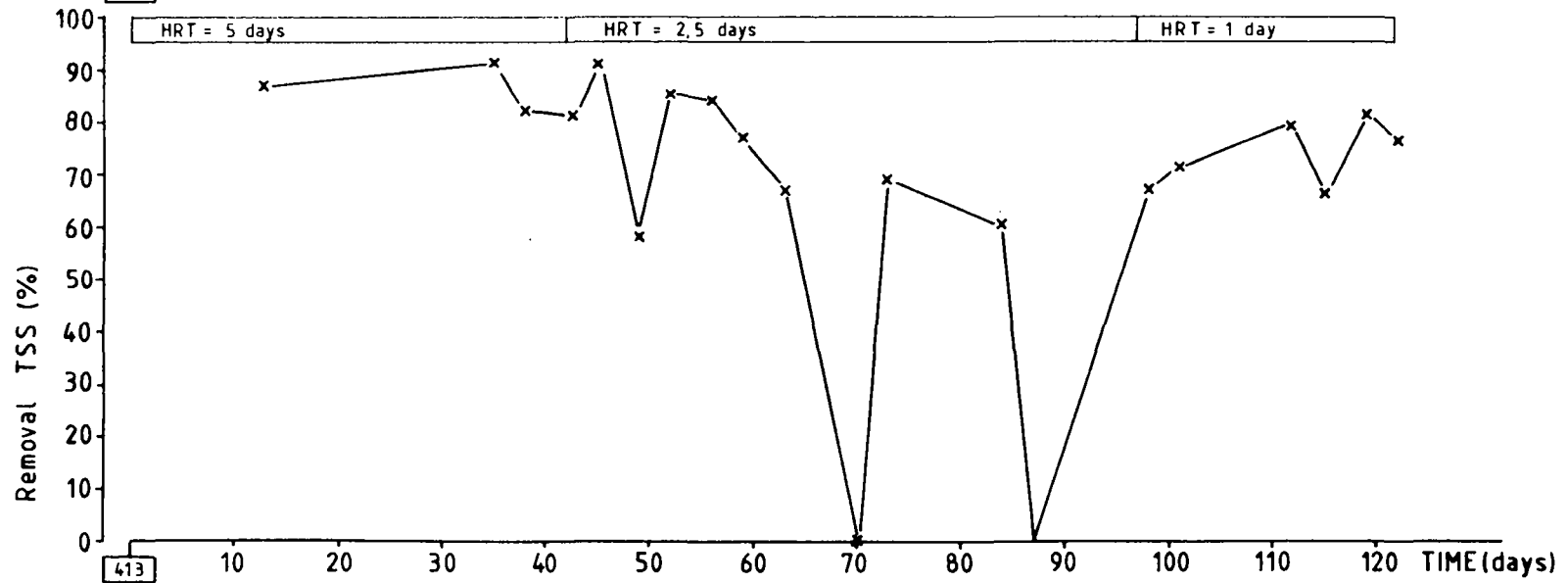
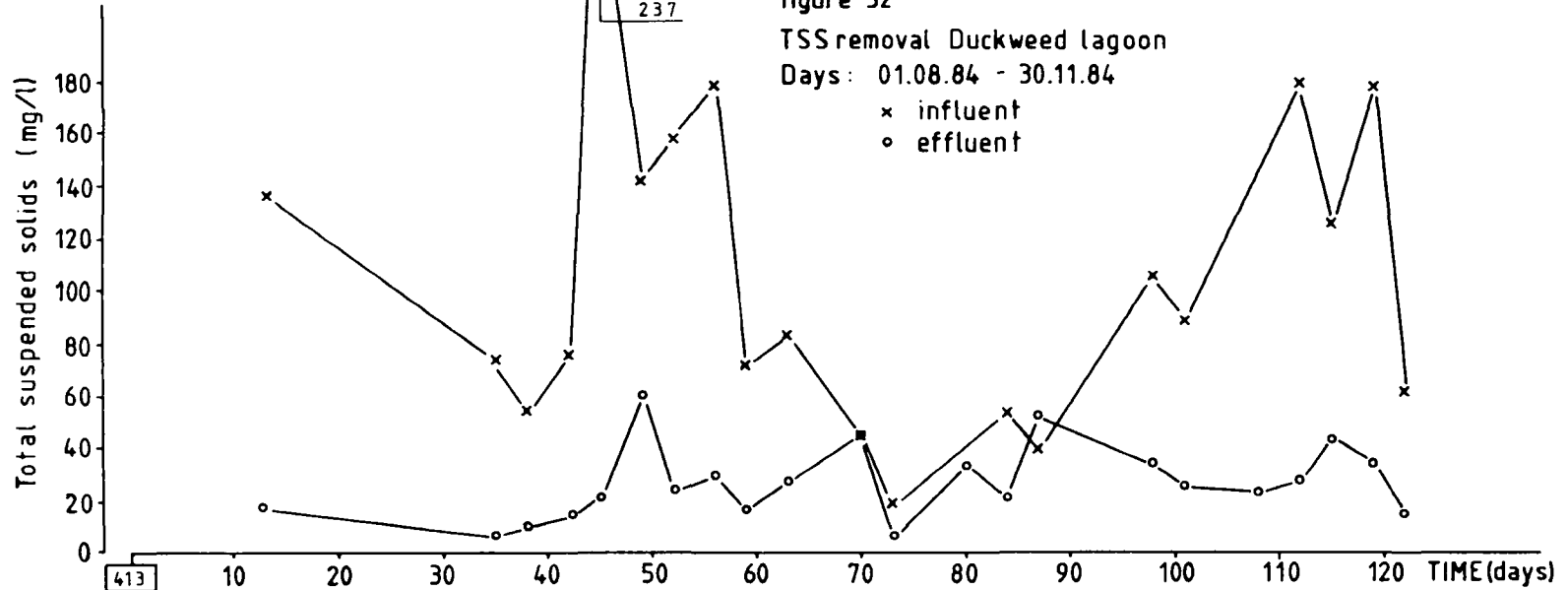


Annex 4  
figure 32

TSS removal Duckweed lagoon

Days: 01.08.84 - 30.11.84

x influent  
o effluent





**ANNEX 5**



## ANNEX 5

Table 1.

Estimate capital costs UASB reactor ("Dutch design")

Price level october 1984

Bill of Quantities and Cost Estimate

Rates and amounts in \$ (pesos Colombianos)

<u>Item</u>	<u>Description</u>	<u>Unit</u>	<u>Quantity</u>	<u>Unit Rate</u>	<u>Amount</u>
A	<u>Civil Works</u>				
1.	Costs of land acquisition	m <sup>2</sup>	1.020	1.500	
2.	Cleaning site area	m <sup>2</sup>	1.020	25	25.000
3.	Excavation	m <sup>3</sup>	1.608	175	281.400
4.	Backfilling exc.material	m <sup>3</sup>	463	271	125.473
5.	Transport surplus material	m <sup>3</sup>	1.145	330	377.850
6.	Concrete 2000 psi	m <sup>3</sup>	13	7.576	98.488
7.	Concrete 3000 psi	m <sup>3</sup>	410	8.665	3.552.650
8.	Formwork	m <sup>2</sup>	865	4.287	3.708.255
9.	Reinforcement steel 75kg/m <sup>3</sup>	kg	30.750	116	3.567.000
10.	Guard rail 15 kg/m <sup>3</sup>	m'	254	1.200	304.800
11.	Dilitation	m'	8	500	4.000
12.	Manholes 600 x 600 mm	u	4	30.000	120.000
13.	Inlet division box 700 x 1000 mm	u	4	34.025	136.100
14.	Gratting galvanised iron	m <sup>2</sup>	7	8.250	57.750
15.	Hatch Pits 800 x 800 mm	u	3	5.600	16.800
16.	Slide plate steel 1000 x 600 mm	u	2	87.000	174.000
	600 x 550 mm	u	2	47.850	95.700
17.	Gliding plates 250x550x150m Length 10m	u	8	48.000	384.000
18.	Stainless steel gutter (10m)	u	8	51.920	415.360
19.	Manholes Ø 600mm l=700mm with flange and covers	u	4	60.000	240.000
20.	Wall FF pieces ductile iron, incl.adaptor				
	Ø 100 mm l=700 mm	u	16	5.500	88.000
	Ø 150 mm l=250 mm	u	5	2.950	14.750
	Ø 300 mm l=250 mm	u	2	5.900	11.800
	Ø 100 mm l=200 mm	u	4	1.580	6.320
	Ø 100 mm l=250 mm	u	4	1.970	7.880
	Ø 300 mm l=500 mm	u	1	11.800	11.800
	Ø 150 mm l=300 mm	u	1	3.540	3.540
21.	Valve Ø 75mm+2 adaptors pvc	u	4	23.000	92.009
	Valve Ø 100mm+2 adaptors pvc	u	12	30.000	360.000
	Valve Ø 150mm+2 adaptors pvc	u	12	55.000	660.000
	Valve Ø 300mm+2 adaptors pvc	u	1	135.000	135.000
22.	Sand for drying beds	m <sup>3</sup>	46	780	35.880
23.	Gravel for drying beds	m <sup>3</sup>	6	1.440	8.640
24.	Percolation water collection pits	u	3	3.000	9.000
25.	Aluminium covers 1410x500x10	u	3	60.000	180.000
					15.097.736

## ANNEX 5

Table 1.

Estimate capital costs UASB reactor ("Dutch design")

Price level october 1984

Bill of Quantities and Cost Estimate

Rates and amounts in \$ (pesos Colombianos)

<u>Item</u>	<u>Description</u>	<u>Unit</u>	<u>Quantity</u>	<u>Unit Rate</u>	<u>Amount</u>
26.	Bends Ø 75 mm g.i. 180°	u	4	960	15.309.736 3.840
	Ø 100 mm g.i. 90°	u	25	2.360	59.000
	≠ 75 mm pvc 90°	u	1	210	210
	Ø 100 mm pvc 90°	u	10	330	3.300
	Ø 300 mm pvc 90°	u	2	72.000	144.000
	Ø 150 mm pvc 90°	u	11	1.500	16.500
27.	T pieces Ø 150-Ø 100 mm pvc	u	12	840	18.800
	≠ 300-Ø 150 mm pvc	u	8	28.440	227.520
	Ø 100-Ø 75 mm g.i.	u	2	760	1.520
	Ø 75-Ø 75 mm g.i.	u	2	2.450	4.900
28.	Reduction piece Ø 100-Ø 75mm steel	u	1	1.800	1.800
29.	Air vent. Ø 150 mm	u	1	1.190	1.190
30.	Fixing clips Ø 100	u	50	100	5.000
31.	Piping Ø 100 mm pvc	m'	35	650	22.750
	Ø 150 mm pvc	m'	83	1.190	98.770
	Ø 300 mm pvc	m'	20	3.080	61.600
	Ø 100 mm g.i.	m'	47	2.020	94.940
	Ø 75 mm g.i.	m'	250	440	110.000
	Ø 75 mm g.i.	m'	75	1.500	112.500
	Ø 110 mm pvc drain	m'	23	800	18.400
32.	Vertical iron stairs	u	1	20.000	20.000
33.	Screen cleaning machine	u	1	1.500	1.500
34.	Hopper	u	1	85.300	85.300
35.	Fence h=1.80 m	m'	128	1.100	140.800
36.	Gate 1.80x3.00 m	u	1	20.000	20.000
37.	Sand container	u	1	10.000	10.000
38.	Masonry service building 2x110m	m <sup>2</sup>	37	-	
39.	Masonry 110mm	m <sup>2</sup>	8	-	
40.	Wooden roof	m <sup>2</sup>	39	-	
41.	Roofing	m <sup>2</sup>	39	-	
42.	Windows 300x500 mm incl. frame	u	2	-	
43.	Doors, incl. framework	u	2	-	
44.	Entrance door 3.00x3.00	u	1	-	
45.	Ceilings	m <sup>2</sup>	11	-	
46.	Floor tiles	m <sup>2</sup>	11	-	
47.	Sanitair: wash basin	u	1	-	
	w.c.	u	1	-	
	sewerage	m'	20	-	
	watersupply	m'	20	-	
					375.000
Subtotal Civil works					16.960.876



B.	<u>Mechanical Electrical works</u>			
1.	Gasmeter 20 m <sup>3</sup> /m	u	1	13.000
2.	Automatic screen cleaning machine w=50 cm	u	1	1.550.000
3.	Sludge pump	u	1	330.000
	Subtotal mechanical/electrical works			<u>1.863.000</u>
Total construction costs				18.823.876

Capital costs	\$18.823.876
costs of land acquisition	\$ 1.530.000
design costs	\$ 2.823.124
 Total	 <u>\$23.177.000</u>

## ANNEX 5

Table 2.

Estimate capital costs UASB reactor ("Colombian design")  
Price level october 1984

Bill of Quantities and Cost Estimate

Rates and amounts in \$ (pesos Colombianos)

<u>Item</u>	<u>Description</u>	<u>Unit</u>	<u>Quantity</u>	<u>Unit Rate</u>	<u>Amount</u>
A	<u>Civil Works</u>				
1.	Cost of land aquisition	m <sup>2</sup>	1.020	1.500	
2.	Cleaning site area	m <sup>2</sup>	1.020	25	25.500
3.	Excavation	m <sup>3</sup>	1.608	175	281.400
4.	Backfilling excavated material	m <sup>3</sup>	436	271	125.473
5.	Transport surplus material	m <sup>3</sup>	1.172	330	386.760
6.	Concrete 2000 psi	m <sup>3</sup>	13	7.576	98.488
7.	Concrete 3000 psi	m <sup>3</sup>	227	8.665	1.966.955
8.	Fromwork	m <sup>2</sup>	478	4.287	2.050.285
9.	Reinforcement steel 75kg/m <sup>3</sup>	kg	17.025	116	1.974.900
10.	Guard rail, iron 15kg/m <sup>3</sup>	m'	254	1.200	304.800
11.	Dilitation	m'	8	500	4.000
12.	Manholes 600x600 mm	u	4	30.000	120.000
13.	Inlet division box 700x1000 mm	u	4	34.025	136.100
14.	Gratting galvanised iron	m <sup>2</sup>	7	8.250	57.750
15.	Hatch pits 800x800 mm	u	3	5.600	16.800
16.	Slide plate steel 1000x600 mm	u	2	87.000	174.000
	600x550 mm	u	2	47.850	95.700
17.	Eternit plates				
	Eternit	m <sup>2</sup>	300	2.000	600.000
18.	Gutter	m	20	1.000	20.000
19.	Manholes Ø 600 mm l=700mm wit flange and covers	u	4	60.000	240.000
20.	Wall FF pieces ductile iron, incl. adaptor				
	Ø 100 mm l=700 mm	u	16	5.500	88.000
	Ø 150 mm l=250 mm	u	5	2.950	14.750
	Ø 300 mm l=250 mm	u	2	5.900	11.800
	Ø 100 mm l=200 mm	u	4	1.580	6.320
	Ø 100 mm l=250 mm	u	4	1.970	7.880
	Ø 300 mm l=500 mm	u	1	11.800	11.800
	Ø 150 mm l=300 mm	u	1	3.540	3.540
21.	Valve Ø 75mm+2 adaptors pvc	u	4	23.000	92.000
	Valve Ø 100mm+2 adaptors pvc	u	12	30.000	360.000
	Valve Ø 150mm+2 adaptors pvc	u	12	55.000	660.000
22.	Sand for drying beds	m <sup>3</sup>	46	780	35.880
23.	Gravel for drying beds	m <sup>3</sup>	6	1.440	8.640
24.	Percolation water collection pits	u	3	3.000	9.000
25.	Aluminium covers 1410x500x10mm	u	3	60.000	180.000
					10.168.494

## ANNEX 5

Table 2.

Estimate capital costs UASB reactor ("Colombian design")  
Price level october 1984

Bill of Quantities and Cost Estimate

Rates and amounts in \$ (pesos Colombianos)

<u>Item</u>	<u>Description</u>	<u>Unit</u>	<u>Quantity</u>	<u>Unit Rate</u>	<u>Amount</u>
					10.168.494
26.	Bends $\emptyset$ 75 mm g.i 180°	u	4	960	3.840
	$\emptyset$ 100 mm g.i. 90°	u	25	2.360	59.000
	$\neq$ 75 mm pvc 90°	u	1	210	210
	$\emptyset$ 100 mm pvc 90°	u	10	330	3.300
	$\emptyset$ 300 mm pvc 90°	u	1	72.000	72.000
	$\emptyset$ 150 mm pvc 90°	u	11	1.500	16.500
27.	T pieces $\emptyset$ 150- $\emptyset$ 100 mm pvc	u	12	840	1.080
	$\emptyset$ 100- $\emptyset$ 75 mm g.i.	u	2	760	1.520
	$\emptyset$ 75- $\emptyset$ 75 mm g.i.	u	2	2.450	4.900
28.	Reduction piece $\emptyset$ 100- $\emptyset$ 75mm steel	u	1	1.800	1.800
29.	Air vent. $\emptyset$ 150 mm	u	1	1.190	1.190
30.	Fixing clips $\emptyset$ 100	u	53	100	5.300
31	Piping $\emptyset$ 100 mm pvc	m'	35	650	22.750
	$\emptyset$ 150 mm pvc	m'	83	1.190	98.770
	$\emptyset$ 100 mm g.i.	m'	47	2.020	94.770
	$\emptyset$ 75 mm pvc	m'	250	440	110.000
	$\emptyset$ 75 mm g.i.	m'	75	1.500	112.500
	$\emptyset$ 110 mm pvc drain	m'	23	800	18.400
32.	Vertical stairs		1	20.000	20.000
33.	Screen cleaning machine	u	1	1.500	1.500
34.	Hopper	u	1	85.300	85.300
35.	Fence 1=1.80 mm	m'	128	1.100	140.800
36.	Gate 1.80x3.00 m	u	1	20.000	20.000
37.	Sand container	u	1	10.000	10.000
38.	Masonry service building 2x110 mm	m <sup>2</sup>	37	-	
39.	Masonry 110 mm	m <sup>2</sup>	8	-	
40.	Wooden roof	m <sup>2</sup>	39	-	
41.	Roofing	m <sup>2</sup>	39	-	
42.	Windows 300x500 mm incl frame	u	2	-	
43.	Doors, incl. framework	u	2	-	
44.	Entrance door 3.00x3.00	u	1	-	
45.	Ceilings	m <sup>2</sup>	11	-	
46.	Floor tiles	m <sup>2</sup>	11	-	
47.	Sanitair: wash basin	u	11	-	
	w.c.	u	1	-	
	sewerage	m'	20	-	
	water supply	m'	20	-	
					375.000
	Subtotal civil works				11.449.094

B.	<u>Mechanical Electrical Works</u>			
1.	Gasmeter 20m <sup>3</sup> /m	u	1	13.000
2.	Automatic screen cleaning machine w=50 cm	u	1	1.550.000
3.	Sludge pump	u	1	300.000
	Subtotal mechanical/electrical work			<u>1.863.000</u>
	total construction costs			<u>13.312.094</u>

Capital costs

Construction costs	\$ 13.312.094
Costs of land aquisition	\$ 1.530.000
Design costs	\$ 1.996.906
	<u>\$ 16.839.000</u>

## ANNEX 5

## Table 3.

Estimate capital costs facultative lagoon  
Price level october 1984

Bill of Quantities and Cost Estimate

Rates and amounts in \$ (pesos Colombianos)

<u>Item</u>	<u>Description</u>	<u>Unit</u>	<u>Quantity</u>	<u>Unit Rate</u>	<u>Amount</u>
1.	Costs of land aquisition	m <sup>2</sup>	21.600	1500	
2.	Cleaning site area	m <sup>2</sup>	21.600	25	540.000
3.	Excavation	m <sup>3</sup>	8.249	100	824.900
4.	Backfilling excavated material	m <sup>3</sup>	288	271	78.048
5.	Dike construction	m <sup>3</sup>	7.961	330	2.627.130
6.	Concrete 2000 psi	m <sup>3</sup>	154	7.961	1.166.704
7.	Concrete 3000 psi	m <sup>3</sup>	512	8.665	4.436.480
8.	Formwork	m <sup>2</sup>	451	4.287	1.933.437
9.	Reinforcement steel	kg	4.096	116	475.136
10.	Piping pvc Ø 300 mm	m'	110	3.080	338.800
11.	Valves Ø 300 mm incl. adaptors	u	3	135.000	405.000
12.	Wall FF pieces Ø 300/600 mm	u	3	14.160	42.480
13.	Aluminium hatches 1000x1000m	u	3	7.530	22.590
14.	Stainless steel plate 4 mm	m <sup>2</sup>	4.5	889	4.000
15.	Masonry 220 mm	m <sup>2</sup>	12	1.020	12.240
16.	Fence h=1.80 m	m'	630	1.100	693.000
17.	Gate 1.80m x 2.00m	u	1	20.000	20.000
18.	Stop lock d=80 mm	m <sup>2</sup>	10	3.500	35.000
total construction costs					<u>13.654.945</u>

Capital costs

Construction costs \$ 13.654.954  
Costs of land aquisition \$ 32.400.000  
Design costs \$ 2.048.055

Total \$ 48.103.000

## ANNEX 5

## Table 4.

## Estimate capital costs Carrousel

Price level october 1984

Bill of Quantities and Cost Estimate

Rates and amounts in \$ (pesos Colombianos)

Item	Description	Unit	Quantity	Unit Rate	Amount
A	<u>Civil Works</u>				
1.	Cost land aquisition	m <sup>2</sup>	5.445	1.500	
2.	Cleaning site area	m <sup>2</sup>	5.445	25	136.125
3.	Excavation	m <sup>3</sup>	6.100	175	1.067.500
4.	Backfilling excavated material	m <sup>3</sup>	1.750	271	474.250
5.	Transport surplus material	m <sup>3</sup>	3.350	330	1.105.500
6.	Concrete 2000 psi	m <sup>3</sup>	67	7.576	507.592
7.	Concrete 3000 psi	m <sup>3</sup>	822	8.665	7.122.630
8.	Formwork	m <sup>2</sup>	2.287	4.287	9.804.369
9.	Reinforcement steel 80kg/m <sup>3</sup>	kg	65.760	116	7.628.160
10.	Sand for drying beds	m <sup>3</sup>	757	780	590.460
11.	Gravel for drying beds	m	24	1.440	34.560
12.	Dilitation	m'	87	500	43.500
13.	Guard rail, hot dipped galvanised iron, 15 kg/m'	m'	70	3.000	210.000
14.	Grating, hot dipped galvanised iron, 5 kg/m'	m <sup>2</sup>	14	8.250	115.500
15.	Stainless stell gutters and plates 4 mm	m <sup>2</sup>	114	880	100.320
16.	Rainwater pits	u	4	2.000	8.000
17.	Pit covers, heavy traffic	u	10	500	5.000
18.	Aluminium plates 8 mm	m <sup>2</sup>	17	10.020	170.340
19.	Masonry 110 mm	m <sup>2</sup>	316	-	
20.	Doors	u	8	-	
21.	Windows incl. frame	m <sup>2</sup>	8	-	
22.	Tiles service building	m <sup>2</sup>	54	-	
23.	Wooden roof	m <sup>2</sup>	132	-	
24.	Roofing	m <sup>2</sup>	132	-	
25.	Sanitary : douche	u	1	-	
	washbasin	u	1	-	
	toilet	u	1	1	2.254.000
26.	Piping Ø 400 mm, pvc	m'	34	4.200	142.800
	Ø 300 mm, pvc	m'	39	3.080	120.120
	Ø 200 mm, pvc	m'	33	1.706	56.298
	Ø 150 mm, pvc	m'	48	1.366	65.568
	Ø 110 mm, pvc	m'	217	650	141.050
	Ø 110 mm, drain pvc	m'	230	800	184.000
27.	Wall FF pieces ductile iron, incl. adaptor				
	Ø 400 mm, l = 500 mm	u	1	15.720	15.720
	Ø 200 mm, l = 500 mm	u	1	7.860	7.860

ANNEX 5  
Table 4.  
Estimate capital costs Carrousel  
Price level october 1984

Bill of Quantities and Cost Estimate

Rates and amounts in \$ (pesos Colombianos)

<u>Item</u>	<u>Description</u>	<u>Unit</u>	<u>Quantity</u>	<u>Unit Rate</u>	<u>Amount</u>
28.	Bends 90° Ø 400 mm	u	2	80.000	160.000
	45° Ø 400 mm	u	1	80.000	80.000
	11 Ø 400 mm	u	2	80.000	160.000
	90° Ø 300 mm	u	1	72.000	72.000
	45° Ø 300 mm	u	2	72.000	144.000
	b Ø 200 mm	u	3	21.000	63.000
	90° Ø 110 mm	u	16	330	5.280
	45° Ø 110 mm	u	5	330	1.650
29.	Different pieces Ø 110 mm				
	T pieces	u	6	760	4.560
	cross piece	u	3	760	2.280
	revolving piece	u	6	760	4.560
30.	Valves Ø 110 mm	u	11	30.000	330.000
31.	Fence h = 1.80 m	m'	308	1.100	338.000
32.	Gate 1.80 m x 3 m	v	1	20.000	20.000
33.	Galvanised iron stairs	m <sup>2</sup>	4	25.000	100.000
34.	pvc folie	m <sup>2</sup>	1.600	1.500	2.400.000
	Subtotal civil works				<u>35.997.352</u>
B.	<u>Mechanical/electrical works</u>				
1.	Automatical cleaned screen	u	1		1.340.000
2.	Surface aerator	u	1		3.485.000
3.	Scraper post sedimentation	u	1		4.290.000
4.	Archimedian screw 1=6,6 mm Ø 600 mm	u	1		1.501.000
5.	Rainwater pump	u	1		858.000
6.	Sludgepumps + cutter	u	1		805.000
7.	Stirring device sludge thickener	u			3.754.000
8.	Electrical installation	-			13.406.000
	Subtotal mech./electrical works				<u>29.439.000</u>
	total construction costs				65.436.352

Capital costs

Constructions costs	\$ 65.436.352
Costs of land acquisition	\$ 8.167.500
Design costs	\$ 9.815.148
Total	<u>\$ 83.419.000</u>

**ANNEX 6**



<u>NOMBRE</u>	<u>EMPRESA</u>	<u>DIRECCION</u>	<u>TELEFONO</u>	<u>TALLER / SEMINARIO</u>	
1. ANAMARIA BELALCAZR DE GALVIS	Unv. Nal de Colombia	Bogotá	2699932	T	S
2. EDITH RUBIO	Univ. Nal d.Colombia	Bogotá		T	S
3. MARTHA C. HERRERA	Independiente	Cra. 13A No. 38-39 Of. 205 - Bogotá	2853389	T	S
4. CONSTANZA MOLINA RAMIREZ	Independiente	Cra. 4 No. 27 - 27 Bogotá	2847085	T	S
5. JOSE CERON	IMGESAN LTDA.	Calle 20 No. 3N-44 - Cali	611330	T	S
6. GABRIEL OTERO PUYANA	Cía Acueducto Metro- politano de Bucaramanga S.A.	Calle 30 No. 18-40 A.A.1093 Bucaramanga.	337699	T	S
7. JAIME H. MAYORGA PINZON	Federación Nal. Cafeteros de Colombia	Calle 26 A No. 37-28 A.A. 3937 - Bogotá	2694750	T	S
8. CAMILO SILVA FAJARDO	Camilo Silva & Cía Ltda.	Diagonal 96 No. 44-22 Bogotá	2572514	T	S
9. JOSE WINDSOR GALLO	Ingeniero Químicos y Civiles Asociados	A.A. 758 Manizales	42267 33142	T	S
10. GLORIA DE PEÑA	Sistemas Hidráulicos y	Cra. 30 No. 31 - 35	50756 57946	T	S
11. MARITZA PRIETO BERNARDI	Independiente	Cra. 57 No. 3-130 A.A. 307 - Cali	687549	T	S
12. IVAN BOTERO ECHEVERRY	DEGREMONT- Colombia Ltda.	A.A. 8543 - Bogotá	2347284	T	S

ANNEX 6.1.  
 LIST OF PARTICIPANTS UASB  
 SEMINAR CALI 18/19 OCT. '84

<u>NOMBRE</u>	<u>EMPRESA</u>	<u>DIRECCION</u>	<u>TELEFONO</u>	<u>TALLER/SEMINARI</u>	
13. OSCAR OCTAVIO FLOREZ L.	Incol Ltda.	Av. 3 No. 13-29 - Cali	621429	T	S
14. ENRIQUE FORERO GOMEZ	Corporación de Defensa de la Meseta de Bucaramanga ( CDMB)	Calle 34 No. 17 - 20 4o. piso - Bucaramanga	20111-20119	T	S
15 JAIME ALBERTO LONDOÑO M.	"	"	"	T	S
16. FRITS JAKMA	"	"	"	T	S
17. BAS VAN DROOGE	Haskoning Ingenieros y	p.p. box 151 6500 AD Nijmegen - Holanda	(080)228015		
18. JAAP LOUWE KOOYMANS	"	"	"		
19. GATZE LETTINGA	Universidad de Agronomía Wageningen - Holanda	De Dreyen 12 - Wageningen Holanda	08370 -83467		
20. ARIS SCHELLINKHOUT	"	Universidad del valle A.A. 25360 - Cali	392335		
21. CELSO SAVELLI GOMES	"	"	"		
22. RODRIGO GUTIERREZ VILLEGAS	Incol Ltda.	Av. 3 No. 13 - 29 Cali	621429		S
23. GUILLERMO RODRIGUEZ PARRA	Universidad del Valle	A.A. 25360	392335		
24 JAN TEUN VISSCHER	Gobierno de Holandes				
25 KLAAS VISSCHER	Gobierno Holandes				
26. ERNESTO SANCHEZ TRIANA	Corporación Autónoma Regional (C.A.R.)	Cra. 63A no. 68-68 Bogotá	2402845	T	S

<u>OMB</u>	<u>EMPRESA</u>	<u>DIRECCIÓN</u>	<u>TELÉFONO</u>	<u>TALLER/SEMINARIO</u>
27. ANTONIO SILVA PINEDA	Corporación Regional Autónoma (C.A.R.)	Cra. 10 No. 68 -68 Bogota	2402845	T S
28. LUIS ALFREDO RODRIGUEZ	Industrial de Gaseosas	Calle 94 No. 42-94 A.A 8714 - Bogota	2672057	
29. VICTOR HUGO RIVEROS ANGEL	VIS	A.A. 670 - Bucaramanga	56191	
30. DAVID PATIÑO	Levapan	A.A. 132 - Tulua	4421 -4454 4365	
31. GLADYS FONSECA	Levapan			
32. GONZALO VEJARANO	Levapan			
33. Alfonso Yanguas A.	Corporación Autónoma Regional (C.V.C)	A.A. 2366 - Cali	393496	
34. LUZ STELLA BERON Z.	Corporación Autónoma del Cauca (C.V.C)			
35. LUZ EDITH BARBA	"			
36. RAUL ARIAS V.	"			
37. LEANDRO BAROZZI		Diagonal 37 No. 37-17 A.A. 25176 - Cali	587450	
38. MIRYAM DE RODRIGUEZ			585231	
39. JULIA ROSA CAICEDO		A.A. 25496	701577	
40. JORGE E. GOMEZ SANCHEZ	U. Industrial de Santander	A.A. 678	56141	
41. MILLER AMAYA	Bavaria	Cra. 13 No. 28-01 Bogota	453831	
42. CARLOS ALVIRA	Bavaria	Cra. 13 No. 28-01 Bogotá	871540	

43. GILBERTO ARDILA VASQUEZ	Ecopetrol	A.A. 7122	Ext. 5729
44. VICTOR MANUEL CARRILLO	Imgesan	Bogotá	
45. GUILLERMO ANTONIO SALCEDO D.	Instituto Nal. de Fomento Municipal (INSOPAL)	A.A. 13781 Bogotá	446443
46. FELIPE MARTINEZ	Sucromiles S.A		
47. LUIS FERNANDO MAYA	C.A.R.-Quindio	Caja Agraria Piso 4 Armenia	42827
48. ISMAEL RAMIREZ GUEVARA	C.A.R.-Quindio	" "	" "
49. AMILBIA POSADA MAYA	Univ. Nal. de Colombia	A.A.3840 - Medellín	300 280
50. ROCIO DIEZ DE ARANGO	Univ. Nal. de Colombia	A.A.3840	300 -280
51. HUGO JAVIER GARCIA ALMANZA	Programa Delegado de Saneamiento Básico Rural - Servisalud - Tolima	Edificio Caja Agraria Piso 11 - Ibaguè	32531
52. JAVIER ARBELAEZ OROZCO	Gaseosas Posada Tobón S.A. Medellín	A.A.8543 Bogotá	512121
53. JESUS EDUARDO PARRA	Instituto Nal. de Salina	Av. el Dorado Cra. 50	690714
54. JUAN ANDUJAR	CAME - Cartones America	A.A. 2393	644255
55. OMAR SILVA	CAME - Cartones America	A.A.2393	644255
56. JUAN DIEGO ARANGO BOTERO	Empresas Públicas	A.A.235- Pereira	32811-15
57. NORMAN DUQUE ECHEVERRY	Empresas Públicas	A.A.235 - Pereira	32811-15
58. LUZ AMPARO LOZANO	Empresa Licorera de Santander.	A.A.742 - Bucaramanga	386236

<u>NOMBRE</u>	<u>EMPRESA</u>	<u>DIRECCION</u>	<u>TELEFONO</u>	<u>TALLER/SEMINAR.</u>
59. ADALBERTO MARTINEZ LEYVA	Empresa Licorera de Santander	A.A. 742 Bucaramanga.	386236	
60. HECTOR FABIO BONILLA				
61. FERNANDO VELASCO ORTIZ	Ministerio de Salud	Calle 55 No. 10-32 Of. 309 - Bogotá	2358572	
62. ROBERTO GOMEZ R.	Federación Nal. Cafeteros			
63. JAIRO FLOREZ H.				
64. GUILLERMO ARMENTA Q.	Sucromiles S.A.	A.A. 2037 - Cali	771222	
65. ALBERTO NASSAR MOOR	Depto.Nal. de Planeación	Calle 26 No. 13-19 Bogotá	824055 ext. 217	
66. JORGE JARAMILLO P.	Planeación Departamental Antioquia	Edificio Eda 6o. piso Medellin	316190	
67. JAIME DIAZ GOMEZ	Independiente	Cra. 9 No. 54-110 Cali.	412312	
68. OSIAS ROJAS MILLAN	Acuavalle S.A.	Calle 19 N No. 3-39	686810 - Cali	
69. FRANCISCO A. RAMIREZ	Acuavalle	Calle 19 N No. 3-39	681833 - Cali	
70. JORGE RIZO P.	Acuavalle	Calle 19 N No. 3-39	684641 /33 - Cali	
71. Carlos Ignacio Martínez D.	CIDI - UPB	A.A. 1178 - Medellin	502444	
72. Robert Briceño Pelaez	Liscano Hermanos S.A.	A.A. 1227 - Cali	417601	
73. JORGE ENRIQUE ANGEL GOMEZ	Angel & Rodriguez Ingenieros Sanitarios Ltda.	Av. 6a. No. 25-63 Of. 102 - Cali	681863	

<u>NOMBRE</u>	<u>EMPRESA</u>	<u>DIRECCION</u>	<u>TELEFONO</u>	<u>TALLER/SEMINARIO</u>
74. MARCO FIDEL BOCANEGRA	Propal	A.A. 4412 - Cali	681161	
75. FERNANDO ARCILA OTERO	Federación Nal. de Cafe- teros - Bogota	Calle 26A No.37-28 Bogotá.	2694750	
76. GUILLERMO MEJIA	Federacion Nal. de Cafe- teros - Bogotá	Calle 49 No. 126-57 Bogotá		
77. COLOMBIA RESTREPO DE ALTMAN	Cia Fleischmann Colom- biana Inc.	A.A. 214 - Palmira	32866	
78. ARNULFO CARDONA	Emcali			
79. MARQUIS A. CARVAJAL	Emcali			
80. CARMEN EUGENIA STERLING S.	EMCALI	Calle 12A No. 23D-46 Cali.	416086 - 412784	
81. ELIZABETH MESA GALVIS	EMCALI	Cra. 76A No. 9A-34 Apto. 306 - Cali	396820	
82. OSCAR OREJUELA LIBREROS	EMCALI	Cra. 15 Calle 59 - Cali	410173 - 412784	
83. JOSE UBERNY LOVAR	EMCALI	A.A. 25693 - Cali	410173	
84. MARIA CECILIA PEREZ	EMCALI	Cra. 15 - Calle 59- Cali	410173	
85. JORGE SARMIENTO GAONA	Univ. del Valle	A.A. 2188 - Cali	392335	
86. AUGUSTO SAMPER	Carbocol	Cra. 7 No. 31-10 - Bogotá	873100 Ext. 280	

# PROGRAMA

## PROGRAMA DEFINITIVO SEMINARIO DE TRATAMIENTOS ANAEROBICOS - CALI, COLOMBIA

SEMINARIO: 18-19 DE OCTUBRE DE 1984 NUMERO MAXIMO: 75 PERSONAS  
LUGAR: HOTEL INTERCONTINENTAL CALI - COLOMBIA

### JUEVES 18 DE OCTUBRE DE 1984

8:00- 9:00 Inscripción.  
9:00- 9:15 Discurso de bienvenida por Sr. Rector de la Universidad del Valle.  
9:15- 9:30 Inauguración. Embaj. de Holanda. Dr. Eduardo Roëll.  
9:30- 9:40 Palabras del Sr. Gerente de EMCALI.  
9:40-10:00 Receso.  
10:00-11:00 Introducción del Proyecto Piloto en Cali. Ing. J. Louwe Kooijmans.  
11:00-13:00 Conceptos básicos del proceso UASB. Dr. Ing. G. Lettinga.  
13:00-14:00 Almuerzo.  
14:00-14:45 Descripción del reactor y Metodología Investigativa. Ing. A. Schellinkhout.  
14:45-17:00 Visitas al reactor UASB y Laboratorio UNIVALLE.

### VIERNES 19 DE OCTUBRE DE 1984

8:30- 9:30 Presentación de resultados. Planta Anaeróbica. Ing. A. Schellinkhout.  
9:30- 9:45 Receso.  
9:45-10:45 Presentación resultados del postratamiento. Dr. G. Rodríguez Parra.  
10:45-12:15 Aplicación del proceso UASB para Aguas Residuales Industriales. Dr. Ing. G. Lettinga.  
12:15-13:00 Almuerzo.  
13:00-14:30 Resultados prácticos para una industria colombiana. Dr. G. Rodríguez Parra.  
14:30-16:00 Resultados prácticos en Latinoamérica. Dr. C. Savelli Gomes.  
16:00-16:15 Receso.  
16:15-17:00 Mesa Redonda.  
17:00-17:10 Clausura. Ing. J. Louwe Kooijmans / Decano. Facultad de Ingeniería - UNIVALLE.  
17:10-18:30 Cocktail de clausura. Ofrecido por HASKONING Ingenieros Consultores Reales Nijmegen Holanda e INCOL LTDA. Cali.

**ANNEX 7**



TODAS LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES EN UN CUERPO DE AGUA

DEBERAN ALCANZAR POR LO MENOS LOS SIGUIENTES ESTANDARS: 1/

	Usuarios Existentes	Nuevos Usuarios
PH	5 - 9	5 - 9
Temperatura	40°C	40o C
Sólidos Flotantes	Ninguno	Ninguno
Grasas y Aceites	Remoción 80% carga	Remoción 80% carga
Sólidos Suspendidos	Remoción 50% carga	Remoción 80% carga
DBO		
- Aguas Residuales Industriales	Remoción 20% carga	Remoción 80% carga
- Aguas residuales domésticas	Remoción 30% carga	Remoción 80% carga
Máxima Carga Permisible	De acuerdo a <u>2/</u>	

TODAS LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES EN UN SISTEMA DE

ALCANTARILLADO DEBERAN ALCANZAR, POR LO MENOS LOS

SIGUIENTES ESTANDARDS: 1/

PH	5 - 9
Temperatura	40°C
Acidos y Bases	Ninguno
Substancias explosivas e inflam.	Ninguno
Sólidos Sedimentables	Remoción 10 ml. /l
Substancias solubles (hexano)	Remoción 100 mg. /l.
Flujo máximo al sist. de alcant.	1.5 veces el caudal horario promedio
Carga máxima admisible	De acuerdo a <u>2/</u>

-----  
1/ Fuente Decreto 1594/ Junio 1984.

2/ Ver párrafos 74 y 75 Decreto 1594.

CRITERIOS DE CALIDAD BACTERIOLOGICA PARA DESTINACION DEL RECURSO A DIFERENTES USOS  
 DATOS TOMADOS DEL DECRETO 1594 JUNIO 26/1934

U S O S	COLIFORME TOTAL (NMP) mic/100 ml	COLIFORME FECAL (NMP) mic/100 ml
CONSUMO HUMANO (Con tratamiento convencional)	20.000	2.000
CONSUMO HUMANO (Con desinfección)	1.000	-
USO AGRICOLA Riego de frutas que se utilizan sin quitar la cáscara y hortalizas de tallo corto	5.000	1.000
USO PECUARIO (Consumo del ganado)	-	-
FINES RECREATIVOS - CONTACTO PRIMARIO (Natación y buceo)	1.000	200
FINES RECREATIVOS - CONTACTO SECUNDARIO (Deportes náuticos, pesca)	5.000	-
PRESERVACION DE FLORA Y FAUNA (Mantener la vida en el agua)	Corresponde a las EMAR establecer	-
USO INDUSTRIAL (Explotación de cauces, playas y lechos. Contacto directo)	5.000	-

Standards for water pollution control in the "Cauca"-  
riverbasin under jurisdiction of CVC - Acuerdo No. 14;  
1976

Three kinds of treatment:

- Preliminary treatment: 80% reduction of sand and floating material.
- Primary treatment: reduction of 50% of suspended solids (SS) and of 35% of BOD.
- Secondary treatment: reduction of 90% of SS and of 85% of BOD.

The percentages are determined on a basis of the mass of removed pollutant in the specified year.

Requirements for different braches:

- EMCALI
  - a. Preliminary tr. after 1981
  - b. Primary tr. after 1985
  - c. Secondary tr. after 1990.

These treatments concern all waste water from Cali (incl. industry).

- Paper-industry
  - a. Before 1981: pre-treatment 80% sand and pH within 5 and 9.
  - b. Before 1985: SS-reduction of 50%, BOD-red. of 17%
  - c. Before 1990: maximum 45 kg BOD per ton produced per product

- Other industries: After 1985:
  - 80% - reduction of acids, sulfur, fats and toxics (if considered necessary)
  - 50% - reduction of SS and
  - 80% of BOD.
  
- Yumbo and surroundings:
  - After 1985:
    - sec. treatment with a capacity of 2500 kg DBO/day.
  - After 1990: another one
  - After 1981: preliminary tr.
  
- Sucarcane factories:
  - use vinasses for irrigation
  - 30% BOD reduction of the part drained.
  
- Cities after 1985: 50% reduction of SS and 35% of BOD and satisfy the standards for dissolved oxygen in receiving surface waters.

**ANNEX 8**

## ANNEX 8 REPORT VISIT UASB PLANT NEIVA

### UASB plant in Neiva

#### 1. Introduction

The first proto-type more or less full scale UASB plant for treatment of domestic wastewater in Colombia has been constructed in Neiva (Huila Department) and has a capacity of 3600 population equivalents. The UASB plant, which has been designed by Dr. Guillermo Rodriguez Parra PhD of Univalle (however acting as private consultant), has been built as a turn key plant by Angel & Rodriguez and has been commissioned by Prohuila.

Prohuila is a Development Corporation and is responsible for the construction of 3000 houses without a down-payment. Prohuila's staff consists of a director, 2 engineers and some office staff, 8 in total. The construction of the houses is realised without any subsidy of the Central Government or the Department. Until now one quarter with 300 houses is ready, a second one with 200 houses is under construction. The average population per house amounts to 6.

There exists no obligation for Prohuila to treat the wastewater coming from newly constructed urbanisations such as is the case in the Valle Department. It was the financier's own initiative to integrate in his planning the construction of 4 UASB plants, of which is one operational now since a couple of months.

The plant was visited on 13/15-12-1984 by one of the teammembers, Mr. L.R. Wildschut to get up-to-date information about its functioning and operation and maintenance.

#### 2. Design, construction and start-up

The UASB plant has been built in such a way that a second unit can be added easily.

The plant has been designed for a HRT of 14 hours for treatment of domestic sewage and some rainwater from roofs and patio's. The plant consists of:

- a pumping unit            3 x 3 x 4 m
- a sand trap                3 x 1.5 x 3 m
- the UASB reactor        12 x 7 x 5 m

Two 2 pk Barnes submersible pumps have been installed in the (open) pumping pit. The raw sewage is pumped directly to the sand trap without any removal of coarse particles by a screen or a cutter.

The settled water flows by gravity to the flow dividing box, made of iron sheets, which divides the influent over 8 inlet points. The steel effluent gutters cover only 50% of the length of the tank.

The gascollectors have been made of concrete and are integrated in the concrete construction of the tank. The UASB plant has 6 sludge discharge points between 0,50 - 3.00 from the bottom with 0.50 m intervals. The pumping pit, has an overflow weir, which makes it possible to discharge directly to the river. The sludge of the sand trap, which is discharged every 2-3 months (according to information obtained) is also disposed directly through the overflow conduct, which on its turn has also a connection to the sludge pit of the UASB reactor!

The effluent of the UASB is discharged to the river through an open gutter with a length of 50 m. The start-up of the UASB plant took place mid July 1984. Some 10 m<sup>3</sup> sundried cowdung was used as inoculant. The initial regular load came from some 50 families, living in the first quarter. This load is growing since every week 3-4 families come to live in the new quarter.

### 3. Operation and maintenance

The 2 pumps have each their minimum operation level and operate (theoretically) in such a way that the second pump comes into operation at bigger flows. (however the level switches have not yet been installed!) The pumps cause a lot of problems. They have to be repaired every week due to clogging by all type of "normal domestic sewage stuff" which is discharged. In practice only one pump is functioning or even no pump! So the overflow functions frequently.

Another consequence of the poor pumping performance is the (anaerobic) putrefaction of the stagnant water in the open pumping pit and sand trap. This causes bad smell nuisance.

The pump (if any) runs some 9 hours per day and is switched on in the morning and switched off in the evening coinciding with office hours! (Not any maintenance has been done at the UASB plant so far.) However, maintenance on the UASB-plant until now was also not necessary

### 4. Evaluation of operation

The not regular pumping of the influent to the sandtrap and the UASB plant has a tremendous impact on the proper functioning of the whole plant which is also heavily under-loaded.

Even without sampling and analysis the following can be concluded:

- a. Only part of the sewage reaches the UASB plant due to pumping problems. This causes extremely under-loading and overflow of untreated sewage.

- b. The flow in the sandtrap is too low if only one pump is functioning. It functions as a primary settling tank and may be considered as an open septic tank due to the low sludge discharge frequency.
- c. Due to sedimentation in the sandtrap only a very small amount of biodegradable matter is transported to the UASB reactor, resulting in a very low sludge growth.
- d. The water in the pumping-pit and the sandtrap will become stagnant at night resulting in (anaerobic) putrefaction causing bad smell nuisance, especially after the pump is switched on (air stripping).

The disposal point of the effluent into the river is marshy and overgrown with grass. No visible impacts of the disposal could be noticed.

At the disposal point of the overflow however a heavy polluted black, gas producing sludge layer at the bottom could be recorded.

#### 5. Sampling and analysis

On 13-12 and 14-12-1984 some samples have been taken of the UASB reactor's influent and effluent and from the sludge for determination of COD and fatty acids. One time a sample was taken for BOD, TSS and VSS analysis (see table 1 and 2).

The COD analyses show that the sandtrap functions as a septic tank with 80% COD removal and production of fatty acids.

The COD-concentration of the influent to the UASB reactor as a consequence, is very low ( $\pm$  230 mg/l). In the reactor 70% COD and 80% TSS is removed which is quite reasonable.

The reactor's effluent still contains fatty acids which points to a very low methanogenic activity. This is confirmed by the fact that no methane smell could be perceived from the gas collector pipe, just a stale smell.

The sludge samples show a very low sludge concentration at 0.5 m from the bottom only 3-6 g/l TS could be found.

#### 6. Recommendations

With respect to the findings mentioned above, the following recommendations can be made:

- the actual installed Barnes pumps are not suitable for pumping of domestic sewage. It is advisable to install self-cutting pump.

Probably one pump with level switches will be sufficient since the pumping pit has an adequate storage capacity and only a relatively small quantity of rainwater has to be pumped.



- a bye-pass has to be made for the sandtrap, at least for the dry periods. When the new quarter under construction will be connected it may be considered again whether the sandtrap has to be operated continuously or not.
- it is advisable to cover the pumping pit for three reasons:
  - prevention of bad smells
  - danger of drowning
  - breeding place for insects
- a gasmeter has to be installed in order to monitor the functioning of the plant.

Table 1: Results sampling UASB plant Neiva

Parameter	131284			141284	
	15.20h	16.30h	17.30h	8.00h	average
COD water					
raw/raw	-	-	-	685	
(g/m <sup>3</sup> ) filtr.	-	-	-	116	
COD infl. raw	200	340	220	160	230
(g/m <sup>3</sup> ) filtr.	150	160	150	92	138
COD effl. raw	83	68	80	-	77
(g/m <sup>3</sup> ) filtr.	76	68	69	-	71
raw/raw (%)	59	80	64	77*	67
raw/filtr. (%)	62	80	69	87*	69
BOD raw infl		91			
(g/m <sup>3</sup> ) effl		32			
(%)		65			
TSS infl		278			
effl		60			
(%)		78			
VSS infl		132			
effl		38			
(%)		71			
Sludge TS		3.3		5.9	
(kg/m <sup>3</sup> ) VS		1.1		1.9	
ash (%)		67		68	

\* efficiency sandtrap

Table 2 Fatty acids analyses UASB plant Neiva

	131284			141284
	15.20	16.30	17.30	8.00
Raw water				
acetic acid				13
propion acid				4
Total				17
Influent				
acetic acid	25	18	18	17
propion acid	10	7	11	7
ibutyiril acid		0	0	
butyiril acid		2	2	
Total	35	28	31	24
Effluent				
acetic acid	15	14	13	
propion acid	5	4	4	
ibutyiril acid	1			
butyiril acid	1			
Total	22	18	17	