



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50<sup>th</sup> anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

## FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

## CONTACT

Please contact [publications@unido.org](mailto:publications@unido.org) for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at [www.unido.org](http://www.unido.org)



**KHD HUMBOLDT WEDAG AG**

**PHASE II**

**ETUDE DE FAISABILITE SUR L'EXTRACTION DE L'OR**

**CONTENU DANS LES TERRILS TORCO**

**A AKJOUJT / MAURITANIE**

**Projet ONUDI N° DP/MAU/85/005**

**Rapport définitif**

**élaboré par**

**KHD HUMBOLDT WEDAG AG**

**Cologne, Janvier 1987**



**TABLE DES MATIERES**  
-----

Page

	Introduction	
1	Aide-mémoire d'exécution	2
1.1	Contexte et historique du projet	2
1.1.1	Origine des terrils TORCO	2
1.1.2	Promoteur du projet	3
1.1.3	Orientation du marché	3
1.2	Capacité du marché et de l'usine	5
1.3	Matières premières et autres facteurs de production	5
1.4	Localisation	6
1.5	Aspects techniques du projet	6
1.6	Organisation de l'usine et frais généraux	8
1.7	Main d'oeuvre	10
1.8	Calendrier de mise en oeuvre	11
1.9	Evaluation financière et économique	11
1.10	Conclusions	12
2	Essais de cyanuration à l'échelle de laboratoire en vue d'évaluer l'efficacité du procédé de lixiviation en tas	14
2.1	Conclusions d'ordre général	14
2.1.1	Essais préliminaires de cyanuration en cylindres rotatifs	14
2.1.2	Essais de cyanuration en cylindres rotatifs, avec recyclage de la solution	14
2.1.3	Essais préliminaires de cyanuration en colonnes	15
2.1.4	Procédés d'agglomération et réactifs	16
2.1.5	Essais de cyanuration en colonnes, avec recyclage de la solution	16



		<u>Page</u>
2.2	Résultats des essais en laboratoire	18
2.2.1	Procédés d'échantillonnage et matière d'essai	18
2.2.2	Préparation des échantillons	18
2.2.3	Essais de cyanuration en cylindres rotatifs	19
2.2.4	Essais de cyanuration en cylindres rotatifs avec recyclage de la solution	21
2.2.5	Essais d'agglomération	23
2.2.6	Essais de lixiviation en colonnes	24
2.2.6.1	Procédé des tests de lixiviation	24
2.2.7	Détails des essais	26
2.2.7.1	Démarrage des essais	26
2.2.7.2	Clarté et couleur de la solution	26
2.2.7.3	Concentration et alcalinité du cyanure	26
2.2.7.4	Taux de récupération d'or	27
2.2.7.5	Analyse des terrils	27
2.2.8	Méthodes d'analyse	28
2.2.8.1	Echantillons de référence des terrils	28
2.2.8.2	Analyse du charbon	28
2.2.8.3	Analyse des solutions	28
3	Paramètres généraux de l'usine	29
3.1	Base métallurgique du projet	29
3.2	Description des systèmes de production	29
3.3	Critères d'étude	31
3.4	Réactifs requis	32
4	Conception de la manutention des terrils et coûts d'investissement	33
4.1	Récupération de la matière	33
4.2	Agglomération	34
4.2.1	Alimentation du minerai	35
4.2.2	Addition de ciment	35
4.2.3	Dosage de la solution de cyanure	36
4.2.4	Agent mouillant	36
4.2.5	Cyanure de sodium	36
4.3	Construction du tas	36



		<u>Page</u>
5	<b>Aménagement du site, installation des toiles en plastique et des bassins, coût des investissements</b>	39
5.1	Plan d'ensemble	39
5.2	Mise en place des toiles en plastique pour la lixiviation initiale	39
5.3	Remblais	40
5.4	Fossés collecteurs de solution	40
5.5	Drainage du tas et couverture protectrice	41
5.6	Méthodes d'installation des toiles en plastique et coûts afférents	41
5.7	Dimensions et désignations des bassins	44
6	<b>Taux d'écoulement et exigences en eau</b>	46
7	<b>Installation de récupération et système de tuyauterie pour le tas</b>	48
7.1	Options pour l'installation de récupération	48
7.2	Paramètres d'implantation de l'installation	51
7.3	Description du procédé de récupération	52
7.4	Installation de récupération et équipement	53
7.5	Tuyauterie et arroseurs du tas	55
8	<b>Procédés d'échantillonnage et matériel de laboratoire requis</b>	57
8.1	Méthodes de contrôle	57
8.2	Conditions et matériel requis pour l'échantillonnage et les analyses	57
8.3	Équipement pour la préparation des échantillons et les analyses	59



		<u>Page</u>
9	<b>Infrastructure et constructions auxiliaires</b>	61
9.1	Consommation en électricité	62
9.2	Consommation en eau	63
9.3	Roulottes de chantier pour le personnel	63
9.4	Construction ou réfection des routes de transport et d'accès	63
9.5	Magasin / Vestiaire	64
9.6	Clôtures coupe-vent et de sécurité	64
9.7	Véhicules de service et auxiliaires	64
10	<b>Personnel</b>	65
10.1	Employés de bureau et main-d'oeuvre	65
10.2	Personnel de service expérimenté	66
10.3	Personnel de service	66
10.4	Programme de formation concernant la lixiviation en tas	67
11	<b>Coûts de production</b>	68
11.1	Main d'oeuvre qualifiée, opérateurs de service, administration	68
11.2	Préparation des terrils par pulvérisateur à disque et transport au site de lixiviation	69
11.3	Agglomération et mise en tas	69
11.4	Réactifs de lixiviation	70
11.5	Utilités pour la lixiviation: électricité et eau	71



		<u>Page</u>
11.6	Toiles en plastique et bassins pour la lixiviation	71
11.7	Système de tuyauterie pour le tas	72
11.8	Laboratoire et systèmes d'analyse	72
11.9	Fonctionnement des systèmes ADR Récupération Adsorption-Désorption	73
11.10	Salaires et assurances afférents à l'affinage de l'or	76
11.11	Frais généraux et administratifs	76
12	Evaluation financière et économique	77
12.1	Coûts des investissements	78
12.2	Réinvestissements	80
12.3	Coûts de production	81
12.4	Fonds de roulement	84
12.5	Source de financement	84
12.6	Impôt sur les bénéfices des sociétés	84
12.7	Evaluation financière	85
12.8	Analyse de sensibilité	86
13	Calcul de rentabilité COMFAR	90
14	Plans	



**SOMMAIRE DES FIGURES**

<b>Fig. N°</b>		<b><u>Page</u></b>
1	Terrils TORCO - échantillon en vrac (reçu) Essais en colonnes avec des agglomérés Graphique de la récupération en or par rapport au nombre de jours de lixiviation	17a
2	Terrils TORCO - échantillon en vrac (reçu) Essai en colonnes N° 7448 avec des non-agglomérés Graphique de la récupération en or par rapport au nombre de jours de lixiviation	17b
3	Terrils TORCO - échantillon en vrac (reçu) Essais en colonnes avec des agglomérés avec recyclage Graphique de la récupération en or par rapport au nombre de jours de lixiviation	17c
4	Terrils TORCO - échantillon en vrac (reçu) Echantillon 6750 Analyse de tamisage humide et analyse au feu (coupellation)	19a
5	Terrils TORCO - échantillon en vrac (reçu) Cyanuration en cylindres rotatifs	20a
6	Terrils TORCO - échantillon en vrac (reçu) Cyanuration en cylindres rotatifs avec recyclage de la solution Matière telle que reçue	22a
7	Terrils TORCO - échantillon en vrac (reçu) Cyanuration en cylindres rotatifs avec recyclage de la solution Matière telle que reçue	22b
8	Terrils TORCO - échantillon en vrac (reçu) Cyanuration en cylindres rotatifs avec recyclage de la solution Matière telle que reçue	22c





		<u>Page</u>
9	Appareil d'essai à colonne	25a
10	Essais en colonnes avec des agglomérés des terrils TORCO Conditions d'agglomération	25b
11	Terrils TORCO - échantillon en vrac (reçu) Cyanuration en colonnes Effluents des essais en colonnes	25c
12	Terrils TORCO - échantillon en vrac (reçu) Cyanuration en colonnes Récupération de métaux et consommation chimique	25d
13	Terrils TORCO - échantillon en vrac (reçu) Cyanuration en colonnes avec recyclage Récupération de métaux et consommation chimique	25e
14	Essai en colonnes des terrils TORCO, N° 6863 Analyses au feu (coupellation)	27a
15	Essai en colonnes des terrils TORCO, N° 6888 Analyses au feu (coupellation)	27a
16	Essai en colonnes des terrils TORCO, N° 7149 Analyses au feu (coupellation)	27b
17	Essai en colonnes des terrils TORCO, N° 7257 Analyses au feu (coupellation)	27b
18	Essai en colonnes des terrils TORCO, N° 7433 Analyses au feu (coupellation)	27c
19	Essai en colonnes des terrils TORCO, N° 7448 Analyses au feu (coupellation)	27c
20	Essai en colonnes des terrils TORCO, N° 7531 Analyses au feu (coupellation)	27d
21	Akjoujt, lixiviation en tas 1000 tonnes/jour Liste des moteurs avec puissance installée	61a



**KHD HUMBOLDT WEDAG AG**

**RECAPITULATIF DES PLANS**

**(ci-joints)**

**N° des plans:**

<b>801-11-299 UA</b>	<b>Schéma des sections alimentation et agglomération</b>
<b>801-11-298 UA</b>	<b>Plan d'ensemble</b>
<b>801-11-300 UA</b>	<b>Plans des sections lixiviation et récupération</b>
<b>801-11-301 UA</b>	<b>Détails de construction de la pose des toiles en plastique pour les tas et les bassins ainsi que du drainage</b>
<b>801-31-180</b>	<b>Schéma de procédé préliminaire de l'installation d'extraction d'or</b>



## INTRODUCTION

Le présent rapport expose l'étude réalisée sur l'extraction de l'or contenu dans les terrils TORCO à Akjoujt/Mauritanie, par la cyanuration en tas.

Cette étude fut précédée d'un concept préliminaire et d'une analyse des coûts élaborés par KHD et soumis à ONUDI et à la Société Arabe Minière d'Inchiri (SAMIN) en Octobre 1986.

L'objectif principal de cette évaluation provisoire des investissements et des coûts d'exploitation était de donner à SAMIN la possibilité d'établir une comparaison entre les résultats techniques de la cyanuration des tas et ceux obtenus en cyanuration par agitation - un procédé qui fut reconsidéré il y a quelques années.

En outre, l'analyse préliminaire fut exécutée dans le but d'obtenir les premières indications sur la rentabilité du projet.

Le coût préliminaire et l'analyse de la conception furent l'objet d'un entretien circonstancié, tenu à Paris le 14 Octobre 1986, auquel participèrent les représentants de ONUDI, SAMIN et KHD. Il fut entendu que les estimations préliminaires demandaient à être déterminées avec plus de précision avant que le promoteur du projet ne prenne de décisions au sujet de la proposition relative aux investissements.

Le présent rapport définitif comprend les propositions adoptées au cours de la réunion économique tripartite susmentionnée, concernant notamment

- le financement
- la taxation
- la durée de vie de l'installation
- les investissements pour l'infrastructure
- le coût du personnel

et est basé sur les résultats finals de laboratoire et l'ingénierie de détail en vue d'évaluer l'investissement et les coûts de production.



- 1 Aide-mémoire d'exécution
- 1.1 Contexte et historique du projet
- 1.1.1 Origine des terrils TORCO

Le gisement aurifère de Akjoujt / Mauritanie est un filon métallifère de sulfure de cuivre à chapeau de fer. Le procédé utilisé auparavant pendant de nombreuses années pour l'extraction du cuivre contenu dans la partie oxydée du gisement, est une méthode très particulière - appelée procédé TORCO -.

Le nom "TORCO" est le sigle de l'expression "Treatment of Refractory Copper Ores". Ce procédé a été développé en particulier pour le traitement des minerais de cuivre alumino-silicate qui ne peuvent pas être traités de façon économique en utilisant des procédés de flottation ou hydrométallurgique.

Le procédé TORCO comporte les étapes opérationnelles suivantes:

- préchauffage de la matière fine dans un réacteur à lit fluidisé dans des conditions oxydantes
- traitement du minerai grillé chaud avec du charbon ou du coke et du chlorure de sodium dans un four de ségrégation dans une atmosphère réductrice.

Le produit final obtenu par cette opération contient du cuivre élémentaire qui s'est déposé à la surface du charbon. Le cuivre élémentaire est ensuite récupéré par flottation.

Suivant la composition du minerai, les résidus du procédé TORCO, dénommés ci-après "terrils TORCO" renferment des métaux précieux.

2,5 millions de tonnes de ces terrils TORCO renfermant approximativement 3 g d'or par tonne ont été mis en tas par le prédécesseur de SAMIN.



### 1.1.2 Promoteur du projet

En tant que possesseur légitime des terrils TORCO, SAMIN a l'intention de s'attaquer dès 1987 à l'extraction de l'or contenu dans les terrils et souhaite reprendre ultérieurement les activités ayant trait à l'exploitation du cuivre.

Les travaux de recherche se rapportant à l'extraction de l'or de cette matière première tout à fait hors du commun furent entièrement pris en charge par ONUDI.

Les études réalisées auparavant sur ce sujet, comprennent principalement:

- la détermination de la quantité exploitable des terrils TORCO
- la détermination des teneurs moyennes en or, en argent et en cuivre des terrils TORCO
- les analyses de laboratoire et l'étude de pré-faisabilité concernant l'extraction d'or des terrils TORCO en appliquant la méthode de cyanuration par agitation suivie de l'adsorption de l'or sur charbon actif
- les analyses en laboratoire et l'étude économique relative à l'extraction de l'or en utilisant la cyanuration en tas des terrils TORCO suivie de l'adsorption de l'or sur charbon actif (présent rapport)

### 1.1.3 Orientation du marché

Jusqu'à récemment, l'opinion la plus répandue au sujet du marché de l'or, était qu'il ne représentait pas un placement de bon rapport. Cependant, au cours des deux dernières années, le prix de l'or a augmenté d'une façon intermittente mais graduelle et s'élevait récemment à plus de 400 US Dollars/once, affichant ainsi une augmentation de plus de 40 % par rapport à la cote la plus basse notée en Février 1985, qui était de l'ordre de 280 US Dollars/once. Ceci explique le regain d'activité en matière d'exploitation des gisements aurifères enregistré ces dernières années à travers le monde entier.



La production des mines d'or des pays non-communistes est actuellement de l'ordre de 1.200 t par an. Cette quantité est principalement utilisée dans les secteurs suivants:

- joaillerie
- industries électroniques
- industrie dentaire
- autre industrie
- collectionneurs de pièces
- collectionneurs de lingots

En comparaison avec la production d'or mondiale, les ressources aurifères de la Mauritanie et la capacité annuelle projetée de 790 kg d'or brut sont très modestes. On présume que la production d'or sera exportée dans sa totalité.



## 1.2 Capacité du marché et de l'usine

La confiance accordée à l'or comme source de richesse est aussi ancienne que l'extraction du métal jaune. De plus, l'or continue de nos jours à jouer un rôle fondamental, tant comme réserve pour les banques centrales que comme moyen de paiement universel.

Etant donné que le marché ne saurait être sensibilisé par les petites quantités d'or que produira la Mauritanie, on peut donc considérer que la capacité d'absorption du marché pour l'or mauritanien est illimitée.

Depuis 1985, le marché des pays de l'ouest absorbe approximativement 200.000 kg d'or en provenance de l'U.R.S.S., sans compter les quantités non chiffrées d'or originaires de la R.P. de Chine et de la R.P.D. de Corée.

La poussée enregistrée dans la demande en joaillerie et dans l'industrie va certainement continuer sur sa lancée de sorte qu'une surproduction sur le marché de l'or ou une baisse du prix de l'or ne sont présentement pas à craindre.

Par conséquent, on peut en déduire que la totalité de la production d'or mauritanienne peut être vendue avec facilité.

L'installation d'extraction d'or aura une capacité de traitement de 310.000 t/an de terrils TORCO dont la teneur en or s'élève à 3 g/t. En supposant un taux de récupération de 85 %, la production d'or annuelle pourrait atteindre 790 kg ce qui correspondrait à 25.500 onces.

L'or brut est récupéré sous forme de lingot (bullion), comportant principalement de l'or et du cuivre. Pour des raisons d'ordre économique, l'affinage de ces lingots devrait avoir lieu dans une usine en Europe.

## 1.3 Matières premières et autres facteurs de production

Selon les études précédentes, l'importance des terrils TORCO se trouvant à Akjoujt se chiffre à 2,5 millions de tonnes.

L'installation d'extraction de l'or sera dimensionnée pour pouvoir traiter 310.000 t/an de ces terrils. Les utilités et les matières consommables requises pour ce procédé sont les suivantes:



Analyse - échantillon reçu pour l'étude  
sur la lixiviation en tas (1986)

-----

SiO <sub>2</sub>	19,12 %	Co	0,248 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,43 %	Cu	0,84 %
Fe	52,90 %	Ni	100 ppm
Mn	1,56 %	Pb	528 ppm
MgO	6,78 %	Au	2,571 ppm *
CaO	0,81 %	Ag	traces *
Na	0,38 %		
S	840 ppm		* voir Page 19 a
Cl	643 ppm		
As	725 ppm		

**Utilités**

-----

- puissance électrique 2,60 kWh par tonne  
800.000 kWh par an
- eau fraîche un mètre cube par tonne  
310.000 m<sup>3</sup> par an
- matière plastique pour  
tas et bassins 45.000 m<sup>2</sup> par an

**Matières consommables principales**

-----

- ciment 10,0 kg par tonne  
3.100 tonnes par an
- cyanure de sodium 2,0 kg par tonne  
620 tonnes par an
- agent mouillant Nalco 0,04 kg par tonne  
12,0 tonnes par an
- charbon activé 5 grammes par tonne  
1.600 kg par an
- hydroxyde de sodium 2.000 kg par an
- carbonate de sodium 2.000 kg par an
- acide chlorhydrique 16.000 litres





#### 1.4 Localisation

La mine de cuivre d'Akjoujt se situe dans le désert du Sahara, à 260 km au nord-est de Nouakchott, la capitale de la Mauritanie. Le climat est aride avec de rares précipitations.

Comme susmentionné, le minerai oxydé fut traité dans une installation TORCO qui fut fermée pour des raisons d'ordre économique. Les bâtiments principaux de cette installation TORCO, comprenant la centrale électrique, les ateliers et les bureaux existent toujours sur le site d'Akjoujt. Pendant toute la durée de l'exploitation de l'installation TORCO, Akjoujt était reliée à Nouakchott par une route. Actuellement, cette route se trouve dans un très mauvais état et disparaît en partie sous le sable.

L'installation de lixiviation en tas sera construite à 3 km de la ville d'Akjoujt, à proximité immédiate de l'ancienne installation TORCO.

#### 1.5 Aspects techniques du projet

La lixiviation de minerais aurifères comprend normalement une cyanuration par agitation ou en tas. La première méthode de traitement des terrils TORCO fut déjà analysée auparavant. Les résultats métallurgiques et économiques de ce procédé furent consignés dans l'étude de pré-faisabilité présentée à l'ONUDI et au Gouvernement Mauritanien en 1983.

Etant donné la récente préférence accordée à la lixiviation en tas, dont l'un des principaux avantages est que le capital exigé et les coûts de production sont très faibles, une nouvelle étude sur la lixiviation en tas des terrils TORCO fut réalisée au nom de l'ONUDI.

Dans ce procédé, le minerai est mis en tas en utilisant un équipement mécanique de terrassement. Lorsqu'il s'agit de terrils TORCO, la matière doit être agglomérée avant d'être mise en tas. La lixiviation de la matière agglomérée se fait en arrosant le tas avec une solution à base de cyanure de sodium. La liqueur s'infiltré alors à travers le tas en entraînant l'or sur son passage et est recueillie ensuite afin de procéder à la récupération de l'or en utilisant du charbon activé.



Ce procédé est une sorte de compromis dans ce sens que, si les taux de récupération ne sont pas aussi élevés qu'ils le seraient en utilisant la méthode de cyanuration par agitation, il présente cependant l'avantage de ne pas en exiger les grands réservoirs. Il est indéniable que la lixiviation en tas d'agglomérés de terrils TORCO est un procédé "peu coûteux".

Le présent rapport définitif précise la conception de l'ingénierie, l'évaluation du capital à engager et les coûts de production ainsi que le calcul de la rentabilité pour l'installation de lixiviation en tas de l'or à Akjoujt en Mauritanie. L'installation sera conçue pour un traitement annuel maximum de 310.000 t de terrils TORCO.

La méthode de traitement évaluée dans ce rapport comprend

- traitement des terrils par pulvérisateur à disque, reprise et transport de la matière
- agglomération par réactifs chimiques
- mise en tas sur un sol préparé à cet effet
- lixiviation en tas
- récupération de l'or se trouvant dans la solution
- production de lingots d'or brut (bullion)

#### 1.6 Organisation de l'usine et frais généraux

L'installation sera intégrée au sein de l'infrastructure en partie existante, en ce qui concerne l'administration générale ainsi que les fournitures en eau et en électricité.

Les futures activités ayant trait à la production et devant être déployées dans l'installation d'extraction de l'or, sont bien définies et se subdivisent comme suit:

- traitement des terrils par pulvérisateur à disque, reprise et transport de la matière
- agglomération des terrils
- mise en tas des terrils



- lixiviation en tas des terrils
- adsorption, désorption et récupération de l'or.

Les centres de service comprendront les départements suivants:

- maintenance et réparation
- fourniture en eau et en électricité
- échantillonnage et laboratoire

A l'avenir, l'administration de l'installation d'extraction de l'or ne sera pas séparée de l'exploitation des mines de cuivre et des activités de traitement de SAMIN. L'administration requise par l'installation de lixiviation en tas n'est pas de grande envergure, elle doit seulement comprendre la tenue des bilans métallurgiques, la tenue des comptes du projet et des salaires.



**1.7 Main d'oeuvre**

Le personnel requis, incluant la main d'oeuvre qualifiée et le personnel de service, est précisé ci-après. Cet effectif sera suffisant pour mener à bien toutes les opérations de l'unité projetée:

**Employés de bureau et personnel qualifié**  
-----

- 1 Directeur Général de l'installation
- 1 Chef métallurgiste / Ingénieur d'études
- 1 Chimiste / Analyste
- 1 Comptable
- 1 Secrétaire

**Personnel de service**  
-----

- 4 Opérateurs pour l'installation d'adsorption, désorption et affinage
- 2 Laborantins
- 3 Opérateurs pour l'agglomération et la mise en tas
- 6 Conducteurs de véhicules (camions, bulldozer et déchargeur)
- 5 Opérateurs pour la lixiviation en tas

-----  
soit 20 Opérateurs de service au total.



1.8 Calendrier de mise en oeuvre

Conformément à l'expérience acquise avec d'autres projets similaires mais compte tenu des conditions locales particulières à ce projet, l'extraction de l'or des terrils TORCO pourrait démarrer dans les 13 mois à compter de l'entrée en vigueur du contrat passé entre SAMIN et une ou plusieurs compagnies choisies pour exécuter l'ingénierie de l'installation et fournir l'équipement ainsi que pour réaliser le montage et diriger les travaux de génie civil.

Il faut compter environ 9 mois pour l'ingénierie de l'installation.

La livraison des équipements pourrait commencer, avec un délai d'un mois, parallèlement aux travaux d'ingénierie.

Le montage de l'équipement mécanique et électrique commencera théoriquement au cours du 10ème mois à compter de la signature du contrat et pourra être terminé dans le courant du 13ème mois.

1.9 Evaluation financière et économique

Le total des coûts d'investissement pendant la phase de construction s'élève à US\$ 6.262.270,00.

Il est supposé que US\$ 1.733.100,00 du capital social et qu'un emprunt intérieur de US\$ 4.043.900,00 seront disponibles en 1988, l'année de construction. Par conséquent, 30 % du montant total seront financés par le capital social.

Le montant total des coûts de production est de l'ordre de US\$ 4.000.000,-- au cours de la première année et reste à peu près constant au cours des années suivantes.

A partir de la seconde année de production, les coûts spécifiques de production des lingots d'or brut (bullion) s'élève à US\$ 6.760,-- par kg ou 50 % du produit de vente supposé.

La période de recouvrement pour le projet est inférieure à 2 ans et le taux de rentabilité interne sur l'investissement total s'élève à 66,52 % à un taux d'escompte de 15 %.



1.10 Conclusions

La recherche du meilleur moyen pour extraire l'or des terrils TORCO a engendré la réalisation d'études très poussées où se distinguent les deux principes suivants:

A. Cyanuration par agitation (étude terminée en 1983)

B. Lixiviation en tas

Toutes les analyses techniques et économiques concernant le Pt. B. sont incluses dans le présent rapport définitif.

Les facteurs les plus importants pour le développement de tels projets, précisés ci-après, furent considérés avec la plus grande attention pour les deux technologies:

- disponibilité en matière première
- teneur moyenne en or de la matière première
- récupération de l'or comme une fonction des paramètres d'exploitation

Une comparaison entre les taux de "récupération" des deux méthodes - facteur prépondérant - permet de constater qu'ils n'étaient pas très différents. Des tests réalisés en laboratoire ont démontré que la récupération en or obtenue par la lixiviation en tas des terrils TORCO agglomérés atteint 85 %. Ce pourcentage est plutôt élevé si on le compare avec ceux obtenus dans d'autres exploitations de lixiviation en tas et il peut même rivaliser avec les taux obtenus dans la cyanuration par agitation.

L'avantage le plus marquant de la lixiviation en tas des terrils TORCO réside dans l'investissement, les coûts d'exploitation plus faibles et la durée plus courte de la réalisation de l'installation par rapport aux méthodes de lixiviation par agitation.



Du point de vue de l'environnement, les possibilités de contrôle constituent une autre caractéristique importante de la lixiviation en tas des terrils TORCO. Conformément aux résultats de laboratoire, la solution de lixiviation peut être entièrement recyclée. Après la dernière lixiviation, les terrils seront lavés et déposés sur une toile en plastique imperméable.

Le désavantage primaire de la lixiviation en tas des terrils TORCO est la nécessité d'agglomérer la matière avant la lixiviation.

L'extraction se fait plus lentement que dans le procédé de lixiviation par agitation et peut être compensée par des arrangements opérationnels.

La conclusion principale de l'étude est que du point de vue économique, le projet est très intéressant tant pour la compagnie SAMIN que pour le Gouvernement de la Mauritanie.

Le projet, comme on peut le démontrer, procure un fort apport en devises étrangères et devrait donc être réalisé aussi rapidement que possible.

L'investissement initial total s'élève à

6.262.270,00 millions de US Dollars.

85 % de la somme initiale des investissements fixes sont dus en devise étrangère et environ 65 % de la totalité des coûts de production de l'ordre de 4.000.000,00 US\$ doivent être payés en devise étrangère.

Selon les suppositions faites, le coût spécifique de la production des lingots d'or brut (bullion) ne s'élèvera qu'à 50 % du produit des ventes.



2 Essais de cyanuration à l'échelle de laboratoire en vue d'évaluer l'efficacité du procédé de lixiviation en tas

2.1 Conclusions d'ordre général

Les terrils TORCO peuvent être agglomérés en forme de boulets de compacité suffisante à l'état natif et humide qui, après séchage, peuvent être empilés en tas de 6 mètres de haut pour la lixiviation. Des essais avec recyclage de la solution (voir Fig. 3) indiquent que la récupération en or à partir de ces boulets est comprise entre 83 et 90 pour cent en 35 jours de lixiviation et sera en moyenne de 88 pour cent ou plus pour une période de lixiviation en colonnes de laboratoire prolongée à 90 jours. Dans la pratique, les récupérations par lixiviation en tas sont prévues à 85 % approximativement. Les essais avec recyclage ne présentent aucune dégradation de l'efficacité de la lixiviation, ce qui prouve que les solutions peuvent être réutilisées indéfiniment (ceci est la méthode typique appliquée à la lixiviation en tas, mais les essais de recherche étaient justifiés à cause des taux relativement élevés de cuivre soluble dans les terrils TORCO).

2.1.1 Essais préliminaires de cyanuration en cylindres rotatifs

Ces essais de cyanuration en cylindres rotatifs furent exécutés sur des échantillons de matière telle que reçue. Le pourcentage de l'or récupéré au cours d'un essai de lixiviation de 24 heures fut de 90,1 %. Un second essai avec une solution plus faible en cyanure donna un taux de récupération de 74,0 %. Une partie de ce même échantillon fut pulvérisée et soumise à l'essai en tambours rotatifs. La récupération apparente fut de 83 % mais les taux d'or et de cuivre entièrement dissous étaient plus élevés.

Les conclusions tirées de ces essais sont les suivantes:

- la plupart de l'or contenu dans les terrils TORCO est dissoluble de la matière à la granulométrie donnée
- les pourcentages du cuivre et de l'or solubles ainsi que la consommation en cyanure croissent en fonction de l'augmentation des taux de cyanure. Ceci est un comportement habituel pour les matières contenant du cuivre soluble.





### 2.1.2 Essais de cyanuration en cylindres rotatifs, avec recyclage de la solution

Une série d'essais de cyanuration en cylindres rotatifs fut donc réalisée avec recyclage de la solution pour vérifier l'effet produit par l'augmentation de la teneur en cuivre dans les solutions sur la récupération de l'or. La concentration en cyanure (comme mesurée au titrage par nitrate d'argent à pH 10,5) fut maintenue aux environs de 0,70 grammes NaCN par litre. Les résultats de ces essais sont représentés sur les Fig. 6 à 8. Le taux d'or récupéré au cours des essais s'élevait à 81,9 %. L'essai initial présentait un taux de récupération plus élevé ( 89 % ) mais les cinq recyclages suivants semblent avoir un taux de récupération d'or stable bien que la teneur du cuivre dissous dans la solution soit passée de 1001 ppm à 2180 ppm. La consommation en cyanure resta constante pendant les six cycles, soit de l'ordre de 2,8 kg NaCN par tonne d'or.

Ces essais préliminaires de cyanuration en cylindres rotatifs avec recyclage de la solution permettent de conclure que la solution ne comporte pas de composant pouvant créer d'importants problèmes chimiques au niveau de la lixiviation.

### 2.1.3 Essais préliminaires de cyanuration en colonnes

Après avoir parfaitement mélangé l'échantillon reçu, une partie pesant 36 kg en fut prélevée, séchée au four et repesée (essai 6760). Le taux d'humidité était de 11,2 %.

Une partie de l'échantillon fut aussi soumise à un essai pour établir les vitesses de percolation et de lixiviation en plaçant 15 kg de matière dans une colonne de 9 cm de diamètre et 1,3 mètre de haut (essai 7448). La récupération de l'or est montrée sur la Fig. 2. La vitesse de lixiviation fut lente et celle de la percolation dans la colonne se révéla être inférieure à celle considérée comme nécessaire pour assurer une lixiviation efficace. Il fallait donc, par déduction, avoir recours à l'agglomération pour arriver à une lixiviation fructueuse.



#### 2.1.4 Procédés d'agglomération et réactifs

Les procédés courants d'agglomération prévoient une addition de ciment et/ou de chaux et une agglomération avec de l'eau ou avec une solution de cyanure dilué. Le résultat typique en est la formation de boulets suffisamment compacts pour être directement mis en tas. Compte tenu des propriétés thixotropes des terrils TORCO, l'agglomération fut toujours très difficile même en ajoutant des pourcentages de ciment relativement élevés.

Pour explorer le problème, une série de près de 50 essais fut réalisée sur de petits échantillons (1 kg) prélevés de la matière fournie, en utilisant différentes combinaisons d'agglomérants, y compris les additifs chimiques et les modificateurs "physiques" telle que l'argile.

Une combinaison de réactifs, efficace et relativement peu coûteuse, fut développée - 10 kg de ciment par tonne et 0,04 kg Nalco 8814 comme agent mouillant. Dans ce cas, les boulets se forment bien et se solidifient rapidement, ce qui permet de les placer directement sur le tas. Après séchage, ils sont suffisamment résistants pour être soumis à la lixiviation dans des tas relativement élevés (des essais eurent lieu à 1,5 mètre sans dégradation apparente et on compte sur une performance satisfaisante jusqu'à six mètres de haut).

La figure 10 montre les conditions d'agglomération pour les essais en colonnes.

#### 2.1.5 Essais de cyanuration en colonnes, avec recyclage de la solution

Une série de quatre essais en colonnes fut réalisée en utilisant 75 kg de boulets agglomérés dans des colonnes de 20 cm de diamètre et 1,5 mètre de haut (essais 7149 - 7531). Ces essais furent exécutés successivement en employant la même solution de lixiviation.

Les résultats sont indiqués sur la figure 13 et représentés graphiquement sur la figure 3. La récupération d'or après 35 jours de lixiviation se situe entre 83 et 88 % et s'élève en moyenne à 86,1 %. La consomma-



tion en cyanure varie de 1,5 à 2,1 kg NaCN par tonne d'or. Ni la récupération de l'or, ni la consommation en cyanure semblent être affectées par la réutilisation de la même solution de lixiviation tout au long des essais.

L'essai 6888, comme reporté en figure 1, indique que la récupération de l'or continue après les 35 jours utilisés pour les essais avec recyclage de la solution. Dans le 6888, le taux de récupération passe de 74 % en 35 jours à 89 % en 90 jours. Dans les essais avec recyclage de la solution, le taux de récupération continuait à croître alors que les essais étaient terminés (par exemple, la récupération dans les derniers 8 jours du quatrième cycle était de l'ordre de 10 % par mois). Les résultats obtenus laissent supposer que l'ultime récupération d'or pourra excéder les taux relevés au cours des essais avec recyclage de la solution, qui furent relativement courts. Nous pensons qu'une récupération de 85 % pourra raisonnablement être atteinte en lixiviation industrielle si la matière traitée est similaire à l'échantillon en vrac.

Dans les essais avec recyclage de la solution, les teneurs en cuivre croissent graduellement dans la solution et plafonnent à env. 3000 ppm à mi-chemin du quatrième cycle. Les teneurs en cuivre montent et descendent pendant toute la durée des essais. Dans le second cycle, elles plafonnent à 1800 ppm et se stabilisent à 1100 ppm. Dans le troisième cycle, elles atteignent un maximum de 2100 ppm et se stabilisent à 1400 ppm. Dans le quatrième, leur maximum est de 3000 ppm pour finir à 1900 ppm.

La concentration en cyanure libre (pouvant être titrée directement) fut maintenue à un taux quelque peu plus élevé dans le quatrième cycle (0,62 gramme NaCN par litre vis à vis de 0,35 dans les cycles 2 et 3). C'est probablement ce que reflètent les taux de cuivre plus élevés. De toute évidence, les teneurs en cuivre de la solution paraissent se stabiliser. Même si le taux de cuivre excède le taux requis pour complexer tout le cyanure disponible, il ne semble pas qu'il se produise d'effet contraire sur la récupération de l'or en réutilisant la solution.

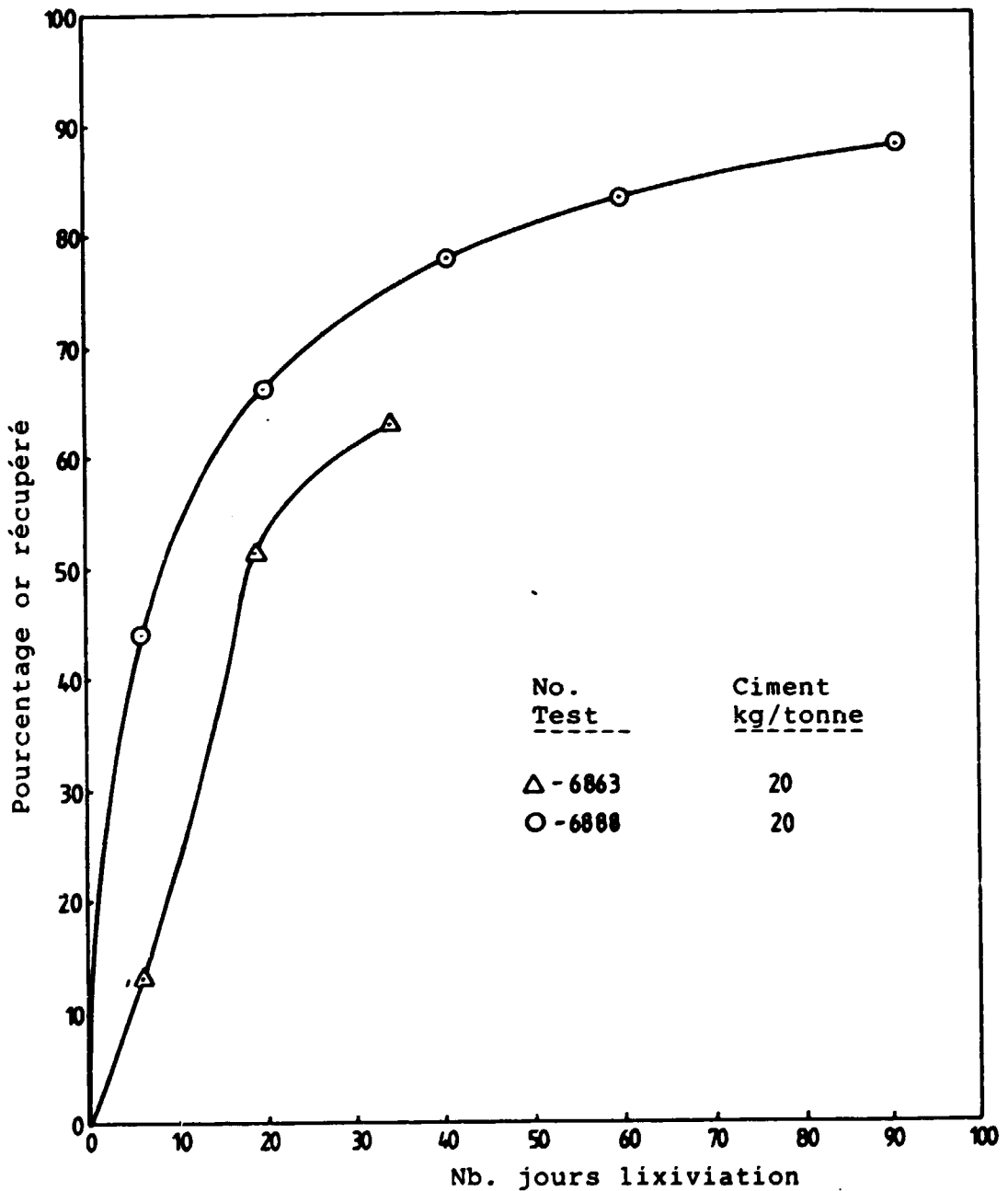


Fig. No. 1

Terrils TORCO - échantillon en vrac (reçu)  
Essais en colonnes avec des agglomérés  
Graphique de la récupération en or par rapport au  
nombre de jours de lixiviation

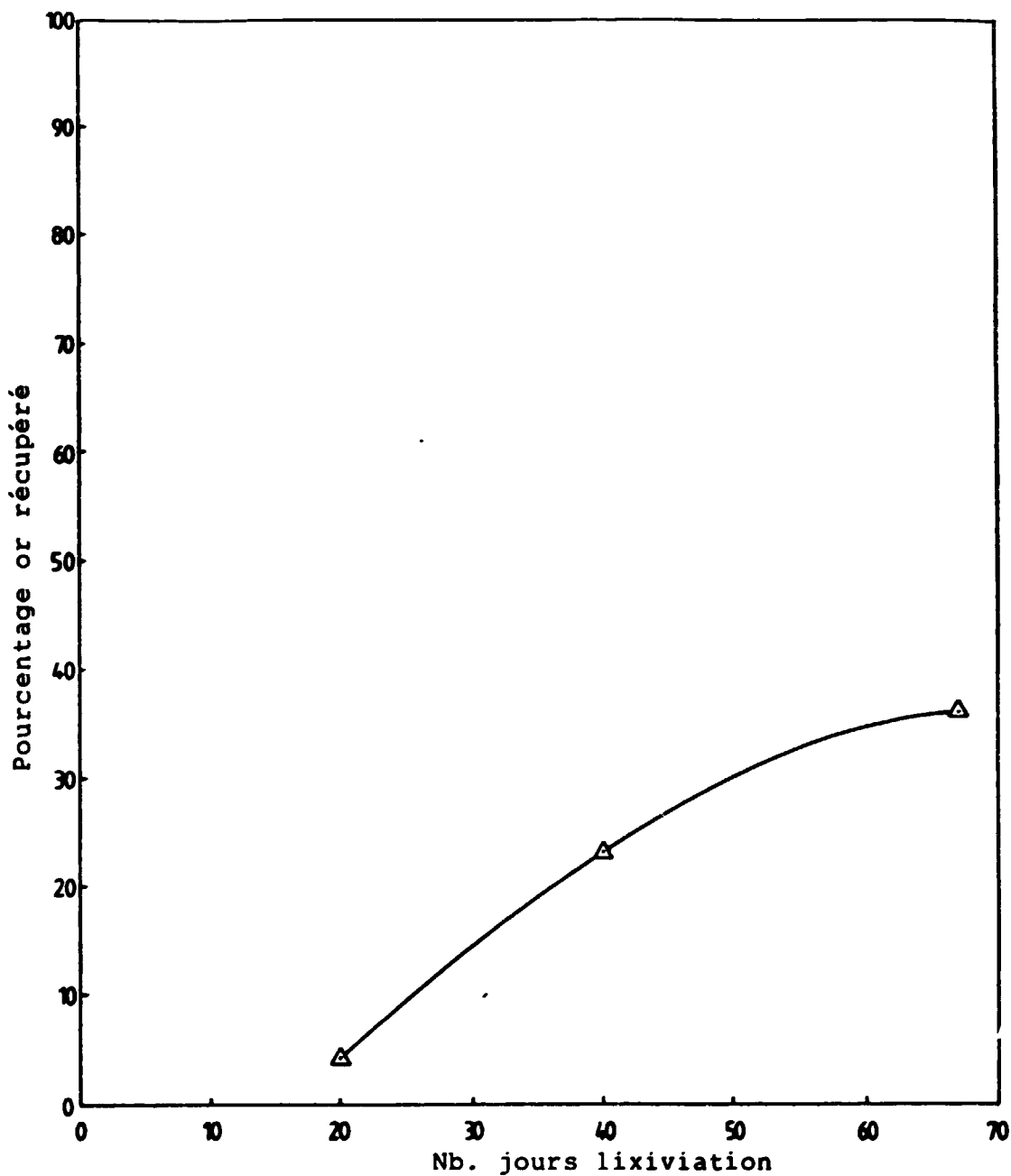


Fig. No. 2

Terrils TORCO - échantillon en vrac (reçu)  
Essais en colonnes No. 7448 avec des non-agglomérés  
Graphique de la récupération en or par rapport au  
nombre de jours de lixiviation

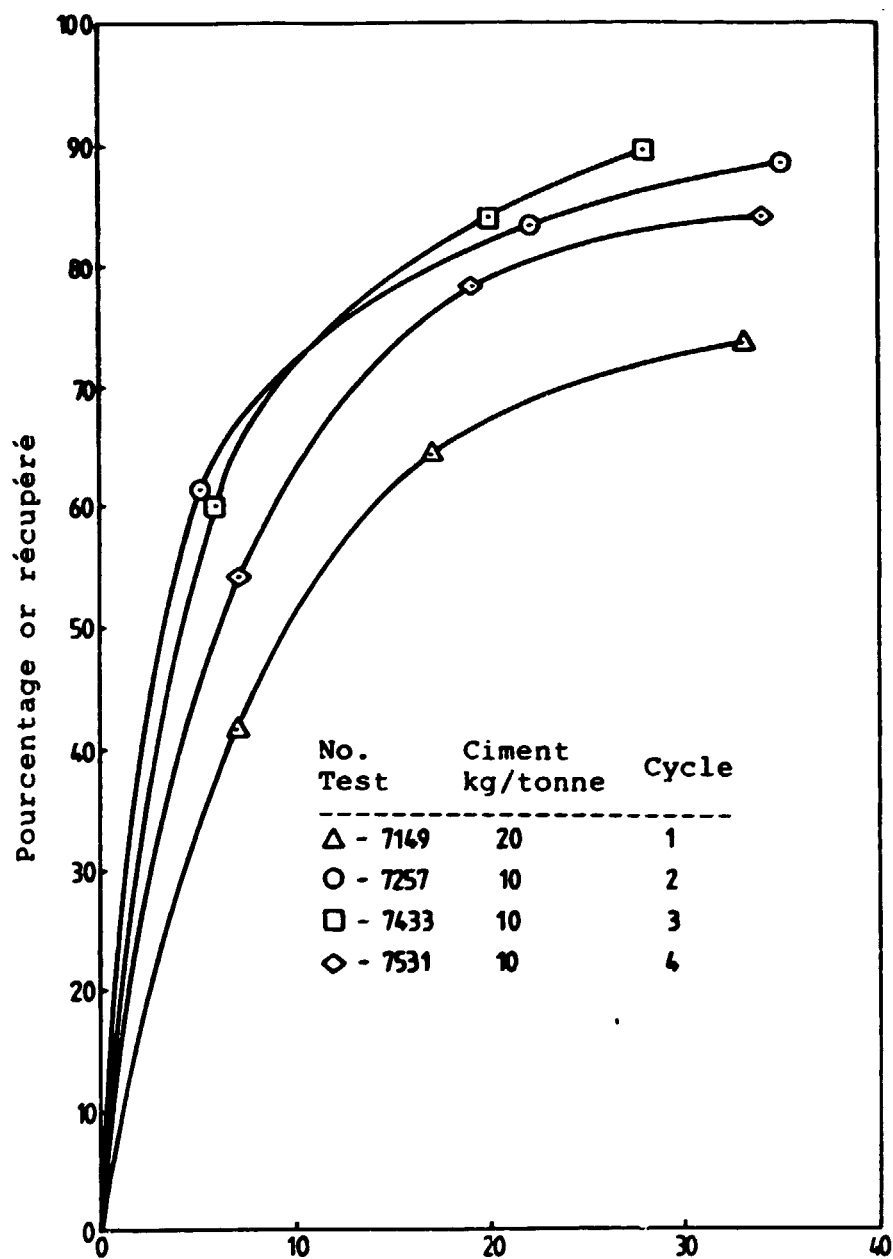


Fig. No. 3

Terrils TORCO - échantillon en vrac (reçu)  
Essais en colonnes avec des agglomérés avec recyclage  
Graphique de la récupération en or par rapport au  
nombre de jours de lixiviation



## 2.2 Résultats des essais de laboratoire

### 2.2.1 Procédés d'échantillonnage et matière d'essai

Selon une étude réalisée par KHD en 1982, la teneur en or des terrils TORCO s'élève en moyenne à 3,606 g/t, elle varie cependant dans une large mesure. Pour effectuer des essais préliminaires destinés à évaluer l'efficacité de la cyanuration par agitation, on utilisa de la matière provenant d'un échantillon moyen de 236 trous de forage (346 kg). La teneur en or de cette matière s'élevait à 3 g/t.

Cependant, pour les essais de lixiviation en tas, il fallait disposer de 2 tonnes de matière et, par conséquent, avoir recours à un nouvel échantillonnage. Comme les profils de concentration du stockage des terrils TORCO avaient été soigneusement établis et représentés dans la première étude de 1982, de nouveaux échantillons pouvaient être prélevés aux points de concentration connues. Conformément à la demande de KHD, SAMIN préleva les échantillons en 4 différents points (N° 33, 34, 39 et 40) où la teneur en or devait être de l'ordre de 3 g/t. Cette matière fut mise en fûts garnis de plastique et envoyée à Cologne par fret aérien. Le contenu de ces fûts fut traité comme un seul échantillon en vrac pour les essais.

La teneur en or déterminée était inférieure à la valeur escomptée et s'élevait à 2,5 g/t (voir page 19a). A noter que cette concentration correspond à une valeur fortuite ne représentant donc pas la concentration moyenne en or du volume total des terrils TORCO. Pour cette raison, la concentration de 2,5 g/t n'a pas été prise en considération pour le calcul de profitabilité (chapitre 13).

Il a été convenu par toutes les parties qu'une concentration de 3 g/t devrait servir de base au calcul de profitabilité de la présente étude.

### 2.2.2 Préparation des échantillons

Le mode de préparation des échantillons utilisé fut le suivant:



1. mélanger la matière des cinq fûts en prélevant successivement une pelletée de chaque fût, mises ensuite dans un fût vide garni de plastique
2. une fois le premier fût rempli, répétition de l'opération jusqu'à ce que les cinq fûts reçus soient entièrement vidés
3. prendre l'un des cinq fûts de matière mélangée, diviser le contenu en deux, stocker l'autre moitié
4. reprendre la moitié restante de la phase 3 et la diviser en quatre
5. prendre l'un des quarts de la phase 4, le peser puis le mettre à sécher dans le four, peser la matière après séchage et déterminer le pourcentage d'humidité de l'échantillon
6. prendre un autre quart de la phase 4 et le diviser en échantillons de 1 kg chacun
7. prendre deux des échantillons de 1 kg de la phase 6 et réduire chacun d'eux en poudre, en prélever respectivement deux échantillons pour les soumettre à l'analyse au feu (coupellation)
8. prendre deux de ces échantillons de 1 kg et les utiliser pour les essais de cyanuration en cylindres rotatifs
9. tamiser par voie humide l'un des échantillons de 1 kg à 65M, 100M et 200M, noter le poids de chacune des fractions
10. utiliser le reste des échantillons de 1 kg pour les essais d'agglomération pour optimiser les agents agglomérants.

La figure 4 représente les résultats de l'analyse par criblage humide et les résultats des analyses principales effectuées sur les principaux échantillons pulvérisés.





Figure 4  
Terrils TORCO - échantillon en vrac (reçu)  
Echantillon 6750  
Analyse de tamisage humide et  
analyse au feu (coupellation)

<u>FRACTION GRANULOMETRIQUE</u>	<u>POIDS GRAMMES</u>	<u>POIDS %</u>
+ 65 M	132,9	13,40
-65M + 100M	104,3	10,52
-100M + 200M	365,3	36,84
-200M	389,1	39,24

---

ESSAIS PRINCIPAUX:	<u>Au g/t</u>	<u>Ag g/t</u>	<u>Cu %</u>	<u>Zn ppm</u>
	2,160	1,37	0,79	26
	2,468	Tr	0,76	26
	2,743	13,71*	0,75	25
	2,606	Tr	0,72	--
	2,468	Tr	--	--
	3,291	Tr	--	--
	2,743	Tr	--	--
	<u>2,057</u>	<u>Tr</u>	<u>--</u>	<u>--</u>
Moyenne:	2,571	Tr	0,76	26

Taux d'humidité: 11,16 % (Matière telle que reçue)

\* - non inclus dans la moyenne.



### 2.2.3 Essais de cyanuration en cylindres rotatifs

Ces essais de cyanuration par agitation en cylindres rotatifs furent exécutés sur des portions prélevées des terrils reçus et sur une portion de terrils pulvérisés.

Le procédé utilisé pour ces tests est le suivant:

1. placer 500 grammes de terrils dans un cylindre en polyéthylène de 2 litres et ajouter 1000 ml d'eau distillée
2. vérifier le pH et, si nécessaire, ajouter de la chaux hydratée pour obtenir un pH entre 10,0 et 10,5
3. pour les essais avec la matière telle que reçue, ajouter 0,5 gramme de cyanure de sodium (équivalent à 0,5 g/l NaCN) pour l'un des essais et 1,0 gramme de cyanure de sodium (équivalent à 1,0 g/l NaCN) pour l'autre. Pour l'essai réalisé avec la matière pulvérisée, ajouter 2 grammes NaCN (équivalent à 2,0 g/l NaCN)
4. vérifier la solution après 2, 4, 8 et 24 heures quant au pH, NaCN, Au, Ag et Cu. Maintenir le pH au-dessus de 10,0 et le NaCN au taux de concentration initial
5. filtrer, laver et sécher les terrils, préparer deux échantillons de terrils et les analyser au feu (coupellation).

La figure 5 montre les résultats des essais de cyanuration en cylindres rotatifs. Dans les essais avec les terrils tels que reçus, le taux d'or récupéré dans l'essai exécuté à 1,0 g/l NaCN était de 74 %. Le taux d'or récupéré dans l'essai avec les terrils pulvérisés en utilisant une solution de 2,0 g/l NaCN fut de 85 %.


**KHD HUMBOLDT WEDAG AG**
**Fig. 5**
**Terrils TORCO - échantillon en vrac (reçu)  
Cyanuration en cylindres rotatifs**

Test Nb.	Granulométrie matière	Durée/h	pH	NaCN g/l libre/total	Métaux récupérés		
					Au g/t	Ag g/t	Cu ppm <sup>1</sup>
6803A	comme reçue	2	10.1	0.20/0.20	0.960	Tr	271
		4	10.2	0.15/0.15	1.200	Tr	315
		8	10.4	0.20/0.20	1.646	Tr	482
		24	10.5	0.35/0.35	1.954	Tr	609
		<b>Essais terrils:</b>					0.686
<b>Taux calculé:</b>					0.686	Tr	
<b>Pourcentage récupération:</b>					74.02		
<b>Consommation chimique</b>					1.22 kg/tonne NaCN 0.62 kg/tonne Ca(OH) <sub>2</sub>		
6803B	comme reçue	2	10.4	0.35/0.35	1.680	Tr	363
		4	10.5	0.65/0.65	1.783	1.03	429
		8	10.7	0.50/0.50	2.229	Tr	677
		24	10.9	0.65/0.65	2.331	Tr	855
		<b>Essais terrils:</b>					0.240
<b>Taux calculé:</b>					0.274	Tr	
<b>Pourcentage récupération:</b>					2.588		
<b>Consommation chimique:</b>					90.07 1.72 kg/tonne NaCN 0.64 kg/tonne Ca(OH) <sub>2</sub>		
6782	pulvérisée	2	10.6	0.40/0.40	1.371	Tr	811
		4	10.8	2.25/2.25	2.126	0.34	1030
		8	10.8	2.05/2.05	2.331	0.34	1240
		24	10.8	1.70/1.70	2.366	0.34	1290
		<b>Essais terrils:</b>					0.411
<b>Taux calculé:</b>					0.548	Tr	
<b>Pourcentage récupération:</b>					2.846		
<b>Consommation chimique:</b>					83.13 5.42 kg/tonne NaCN 0.24 kg/tonne Ca(OH) <sub>2</sub>		

1 - Cuivre dans solution de lixiviation



**2.2.4 Essais de cyanuration en cylindres rotatifs avec recyclage de la solution**

En vue de déterminer l'effet de croissance du cuivre dans les solutions de lixiviation, une série de 6 essais de cyanuration en cylindres rotatifs fut réalisée.

Le procédé utilisé pour cette série de tests est le suivant:

**Cycle 1:**

-----

1. placer 500 grammes prélevés de la matière reçue dans un cylindre en polyéthylène de 4 litres
2. ajouter 1000 ml d'eau distillée et vérifier le pH et, si nécessaire, ajouter de la chaux hydratée pour obtenir un pH de 10,5
3. ajouter 1,0 gramme de NaCN (équivalent à 1,0 g/l NaCN) et faire tourner
4. vérifier la solution après 2, 4, 8, 24 et 48 heures quant au pH, Au, Ag et Cu. Ajouter le cyanure de sodium et la chaux hydratée nécessaires pour réaliser une solution avec un pH entre 10,0 et 10,5 et un NaCN de 1,0 g/l
5. filtrer puis laver les terrils avec de l'eau distillée
6. sécher les terrils, pulvériser et prélever deux échantillons pour les analyser au feu (coupellation)
7. faire passer le filtrat à travers la colonne contenant 10 grammes de charbon activé vierge pour séparer l'or dans la solution.

**Cycles 2 à 6**

-----

8. prélever 500 grammes de la matière telle que reçue et mettre cet échantillon dans un cylindre en polyéthylène de 4 litres
9. prendre 100 ml du filtrat de l'essai précédent effectué avec le charbon activé et vérifier les pH, NaCN, Au, Ag et Cu



10. ajouter les 1000 ml de solution de la phase 9 dans le cylindre en polyéthylène contenant l'échantillon. Ajouter la même quantité de chaux hydratée utilisée dans la phase 2 et un peu de cyanure de sodium nécessaire pour faire redescendre le taux de concentration à 1,0 g/l NaCN
11. vérifier la solution après 2, 4, 8, 24 et 48 heures quant au pH, Au, Ag et Cu. Ajouter le cyanure de sodium et la chaux hydratée nécessaires pour réaliser une solution avec un pH entre 10,0 et 10,5 et un NaCN de 1,0 g/l
12. filtrer puis laver les terrils avec de l'eau distillée
13. sécher les terrils, pulvériser et prélever deux échantillons pour les analyser au feu (coupellation)
15. répéter les opérations du pt. 8 au pt. 14 jusqu'à réalisation d'une totalité de 6 tests en séries.

Les résultats des essais de cyanuration en cylindres rotatifs avec recyclage de la solution sont précisés sur les figures 6 à 8. Le premier essai dans les séries (7237 A) a donné le pourcentage de récupération en or le plus élevé, soit 89 %, les cinq essais suivants présentant une moyenne de 80 %.



Fig. 6

Terrils TORCO - échantillon en sac (reçu)  
Cyanuration en cylindres rotatifs avec recyclage de la solution  
Matière telle que reçue

Test Nb.	Cycle Nb.	Durée/h	pH	NaCN g/l libre/total	Métaux récupérés		Cu ppm <sup>1</sup>		
					Au g/t	Ag g/t			
7237A	1	0	10.5	1.00/1.00	0	0	0		
		3	10.8	0.15/0.15	1.646	Tr	399		
		4	10.8	0.15/0.15	1.714	Tr	394		
		8	11.0	0.40/0.40	2.126	Tr	678		
		24	11.0	0.55/0.55	2.331	Tr	889		
		48	11.1	0.60/0.60	2.366	Tr	1001		
		Essais terrils:					0.274	Tr	
		Taux calculé:					0.309		
		Pourcentage récupération:					2.658		
		Consommation chimique:					89.01		
					4.49 kg/tonne NaCN				
					0.30 kg/tonne Ca(OH) <sub>2</sub>				
7237B	2	0	10.8	1.00/1.00	0.857	Tr	840		
		2	10.4	0.40/0.40	0.789	Tr	975		
		4	10.5	0.60/0.60	1.166	Tr	1200		
		8	10.5	0.85/0.85	1.851	Tr	1350		
		24	10.5	0.70/0.70	1.920	Tr	1460		
		48	10.7	0.80/0.80	2.126	Tr	1610		
		Essais terrils:					0.617	Tr	
		Taux calculé:					0.720		
		Pourcentage récupération:					2.795		
		Consommation chimique:					76.06		
					3.34 kg/tonne NaCN				
					0.28 kg/tonne Ca(OH) <sub>2</sub>				

Tr signifie trace

1 - cuivre dans solution de lixiviation



Fig. 7

Terrils TORCO - échantillon en vrac (reçu)  
Cyanuration en cylindres rotatifs avec recyclage  
de la solution  
Matière telle que reçue

<u>TEST NO.</u>	<u>CYCLE NO.</u>	<u>Durée/h</u>	<u>pH</u>	<u>NaCN g/l</u> <u>libre/total</u>	<u>Métaux récupérés</u>				
					<u>Au g/t</u>	<u>Ag g/t</u>	<u>Cu ppm<sup>1</sup></u>		
7237C	3	0	10.5	1.00/1.00	0.206	Tr	1260		
		2*							
		4	10.5	0.45/0.45	0.789	Tr	1400		
		8	10.5	0.70/0.70	1.303	Tr	1580		
		24	10.5	0.80/0.80	1.989	Tr	1890		
		48	10.4	0.90/0.90	2.503	Tr	1870		
		Essais terrils:					0.480	Tr	
		Taux calculé:					0.549		
		Pourcentage récupération:					3.018		
		Consommation chimique:					82.94		
					2.34 kg/tonne NaCN				
					0.28 kg/tonne Ca(OH) <sub>2</sub>				
7259A	4	0	10.6	0.95/0.95	0.411	Tr	1360		
		2*							
		4	9.6	0.30/0.30	0.514	Tr	1460		
		8	10.6	0.75/0.75	1.269	Tr	1810		
		24	10.6	0.70/0.70	1.920	Tr	1920		
		48	10.6	0.90/0.90	2.126	Tr	1880		
		Essais terrils:					0.549	Tr	
		Taux calculé:					0.549		
		Pourcentage récupération:					2.675		
		Consommation chimique:					79.48		
					2.76 kg/tonne NaCN				
					0.28 kg/tonne Ca(OH) <sub>2</sub>				

Tr signifie trace

1 - cuivre dans solution de lixiviation

\* échantillon 2 h non pris

**KHD HUMBOLDT WEDAG AG**Fig. 8

Terrils TORCO - échantillon en vrac (reçu)  
Cyanuration en cylindres rotatifs avec recyclage  
de la solution  
Matière telle que reçue

<u>TEST NO.</u>	<u>CYCLE NO.</u>	<u>Durée/h</u>	<u>pH</u>	<u>NaCN g/l</u>		<u>Métaux récupérés</u>		
					<u>libre/total</u>	<u>Au g/t</u>	<u>Ag g/t</u>	<u>Cu ppm<sup>1</sup></u>
7259B	5	0	10.4	1.00/1.00	0.069	Tr	1350	
		2	10.6	0.40/0.40	0.891	Tr	1650	
		4	10.6	0.70/0.70	1.269	Tr	1690	
		8	10.6	0.60/0.60	1.509	Tr	1840	
		24	10.7	0.85/0.85	2.023	Tr	1980	
		48	10.7	0.80/0.80	2.194	Tr	2000	
		Essais terrils:					0.343	2.40
Taux calculé:					0.549			
Pourcentage récupération:					2.640			
Consommation chimique:					83.11			
					3.34 kg/tonne NaCN			
					0.28 kg/tonne Ca(OH) <sub>2</sub>			
7259C	6	0	10.4	1.00/1.00	0.206	Tr	1610	
		2	10.4	0.50/0.50	0.823	Tr	1880	
		4	10.5	0.80/0.80	0.926	Tr	2040	
		8	10.5	0.80/0.80	1.406	Tr	2150	
		24	10.5	0.80/0.80	1.989	Tr	2160	
		48	10.5	0.70/0.70	2.126	Tr	2180	
		Essais terrils:					0.549	2.40
Taux calculé:					0.480			
Pourcentage récupération:					2.640			
Consommation chimique:					80.53			
					2.79 kg/tonne NaCN			
					0.28 kg/tonne Ca(OH) <sub>2</sub>			

Tr signifie trace

1 - cuivre dans solution de lixiviation





### 2.2.5 Essais d'agglomération

Avant de faire de grands essais en colonnes, une série de tests fut réalisée sur des échantillons de 1 kg pour déterminer les conditions d'agglomération nécessaires pour former des boulets fermes en vue de la lixiviation. Dans la première série d'essais, il fut employé soit du ciment (Portland type 2), soit de la chaux hydratée ou une combinaison des deux en utilisant de l'eau du robinet. Ces deux agents d'agglomération furent utilisés dans tous les autres essais, mais même avec des taux de ciment de 20 kg par tonne de minerai, les boulets obtenus étaient thixotropes et se brisaient rapidement.

Plusieurs essais furent exécutés en ajoutant de l'argile qui devait agir comme un agent stabilisateur. Si le résultat fut probant, ce procédé ne semble pas rentable à cause de la quantité d'argile requise.

Une série d'essais fut alors réalisée en utilisant un liquide détersif ménager ordinaire, additionné d'eau, qui devait agir comme un agent mouillant. Les résultats de ces essais ont démontré que l'addition d'un agent mouillant permettait de produire des boulets consistants avec du ciment qui sert de liant. Partant donc des résultats de ces essais préliminaires, nous avons réalisé les deux premiers essais en colonne à grande échelle ( N° 6863 et 6888) sur des échantillons agglomérés avec 20 kg de ciment par tonne de terrils, en employant une solution contenant 2 g/l de détersif (0,40 kg de savon par tonne de minerai).

Une série de petits essais en colonne fut effectuée en utilisant un détergent vendu dans le commerce sous le nom de "LOC". Ce produit est vendu comme détergent mais peut également être utilisé comme agent mouillant pour les minerais. Les résultats de ces tests ont montré que des boulets consistants peuvent être formés avec 15 kg de ciment par tonne, en utilisant 0,1 gramme de LOC par litre de solution (0,02 kg de LOC par tonne de minerai).

En vue de déterminer les conditions optimales pour l'agglomération, il fut également procédé à une autre série de tests avec des agents mouillants Nalco 7852, 8801, 8814 et 8815.



Les résultats de ces essais ont démontré qu'une concentration de 0,25 g/l de l'agent mouillant Nalco 8814 dans la solution d'agglomération (ce qui équivaut à 0,05 kg de Nalco 8814 par tonne de minerai), permettait d'obtenir des boulets résistants en n'utilisant que 10 kg de ciment par tonne de minerai. Compte tenu des résultats de cette série de tests, la matière utilisée pour les trois derniers essais avec recyclage de solution fut agglomérée en appliquant ces conditions.

#### 2.2.6 Essais de lixiviation en colonnes

Tous ces essais furent réalisés avec un drainage permanent de la solution. Ce type de test reflète plus exactement les conditions actuelles de la lixiviation en tas.

L'équipement utilisé pour ces tests est représenté schématiquement en figure 9. Les tests sur agglomérés furent exécutés dans des colonnes en plexiglas de 20 cm  $\emptyset$  et sur non-agglomérés (7448) dans des colonnes de 9 cm  $\emptyset$ .

##### 2.2.6.1 Procédé des tests de lixiviation

Pour l'opération de lixiviation, les terrils furent placés dans la colonne, comme montré sur la Fig. 9. Pendant une période de lixiviation de 24 heures, le minerai fut continuellement arrosé de solution alcaline de cyanure. Le taux d'écoulement de la solution sur les terrils fut contrôlé par une pompe péristaltique; il était de l'ordre de 10 à 12 litres par heure et par mètre carré de la surface du tas (colonne). Cette donnée entre dans la gamme des taux normaux en usage dans la lixiviation en tas.

La solution quittant la colonne fut recueillie dans le réservoir de fond (sol). Les teneurs en pH, NaCN, Au et Ag des solutions furent vérifiées au cours de chacun des cycles, celle du cuivre périodiquement. La solution fut ensuite passée à travers un cylindre de charbon activé pendant une période de 24 heures pour récupérer l'or et l'argent se trouvant dans la solution. Pendant cette période, la colonne se trouve dans un état dit dormant. Après le passage à travers le cylindre de charbon activé, les teneurs des solutions en pH, NaCN, Au et Ag furent recontrôlées. Le cyanure de sodium et la chaux hydratée furent alors

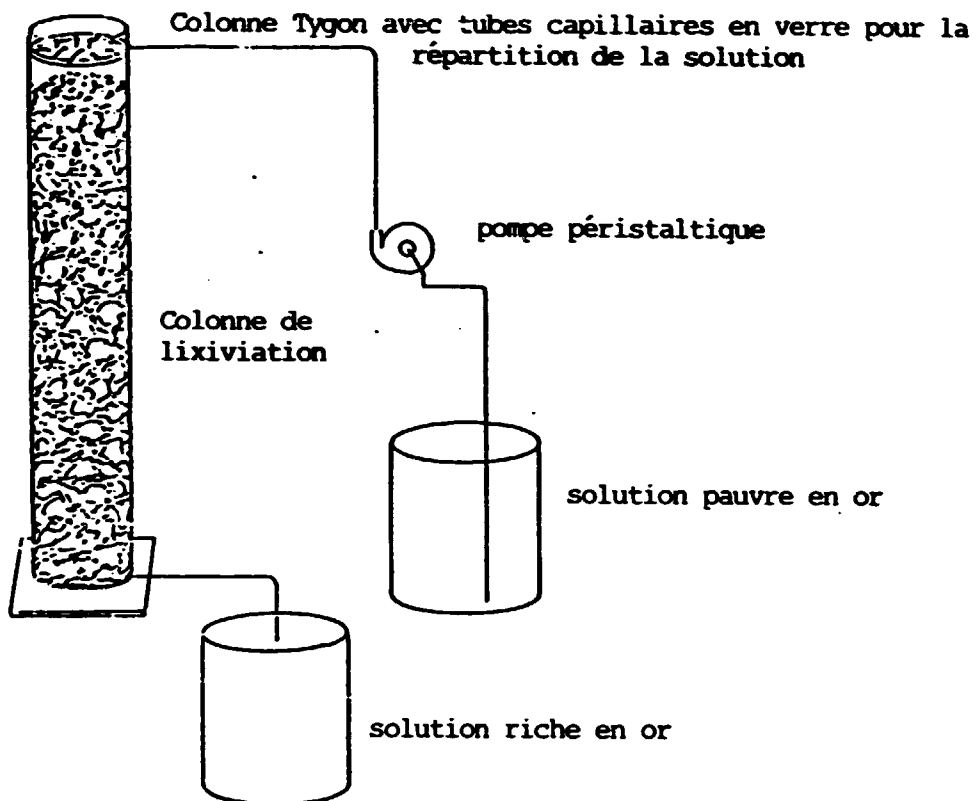


ajoutés, en cas de nécessité, pour maintenir la solution aux taux désirés. La solution de lixiviation fut ensuite recyclée vers le minerai pour une autre période de lixiviation de 24 heures. Ce cycle dormant/lixiviation de 24 heures fut utilisé pour la durée du test.

La charge de charbon activé fut changée trois à cinq fois pendant les tests et analysée pour déterminer les quantités d'or et d'argent récupérées à partir du minerai. L'argent s'est révélé inexistant dans ces échantillons. L'analyse au feu (coupellation) permit de déceler de l'argent dans quelques échantillons mais la teneur en argent fut dans tous les cas inférieure à 12 grammes par tonne, valeur considérée comme étant la valeur limite la plus basse pour l'exactitude d'une coupellation d'argent. Les figures 12 et 13 présentent les résultats des analyses du charbon.



Fig. 9: Appareil d'essai à colonne



Système de récupération par charbon

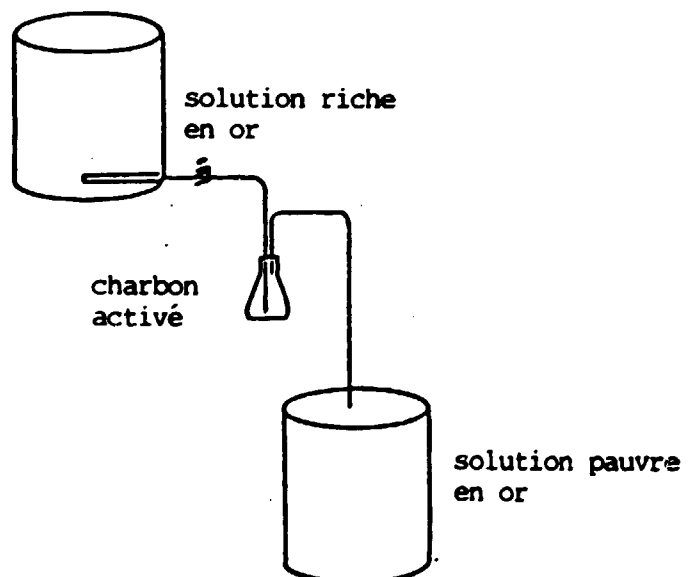




Fig. 10

Essais en colonnes avec des agglomérés des terrils TORCO  
Condition d'agglomération

<u>Test Nb.</u>	<u>Poids terrils kg</u>	<u>Ciment add. kg/tonne</u>	<u>Solution agglom. g/l NaCN</u>	<u>Agent mouillant</u>	<u>Agent mouillant concentration g/l</u>	<u>Litres de solution utilisés</u>
6863	76	20	0.0	Ivory Soap	2.0	16.80
6888	76	20	1.0	Ivory Soap	2.0	16.95
7149	75	20	1.0	Ivory Soap	2.0	16.32
7257	75	10	5.0	Malco 8814	0.25	17.40
7433	75	10	5.0	Malco 8814	0.25	17.52
7531	75	10	5.0	Malco 8814	0.25	16.53



Fig. 11

Terrils TORCO - échantillon en vrac (reçu)  
Cyanuration en colonnes  
Effluents des essais en colonnes

<u>TEST NO.</u>	<u>pH</u>	<u>Effluent initial</u>		
		<u>NaCN g/l</u> <u>libr.Total</u>	<u>Couleur</u>	<u>Clareté</u>
6863	11.9	0.05/0.05	incolore	clair
6888	12.1	0.05/0.05	incolore	clair
7149*	11.7	0.04/0.04	incolore	clair
7257*	11.6	0.34/0.34	bleu clair	clair
7433*	11.4	0.53/0.53	bleu clair	clair
7531*	11.8	0.61/0.61	bleu moyen	clair
7448**	8.2	0.04/0.04	incolore	clair

---

<u>TEST NO.</u>	<u>pH</u>	<u>Effluent final</u>		
		<u>NaCN g/l</u> <u>libr.Total</u>	<u>Couleur</u>	<u>Clareté</u>
6863	12.1	0.34/0.34	bleu clair	clair
6888	11.8	0.79/0.79	bleu clair	clair
7149*	11.8	0.22/0.22	bleu clair	clair
7257*	11.5	0.40/0.40	incolore	clair
7433*	11.1	0.43/0.43	incolore	clair
7531*	11.6	0.61/0.61	incolore	clair
7448**	8.7	0.00/0.00	incolore	clair

\* - tests en colonne avec recyclage de solution

\*\* - test en colonne, non aggloméré



Fig. 12

Terrils TORCO - échantillon en vrac (reçu)  
Cyanuration en colonnes  
Récupération de métaux et consommation chimique

TEST NO.	Jours lixiv.	Métaux récupérés		taux or récupéré	Consomm. chimique kg / tonne		Cuivre dans solution lixiv. ppm
		Au g/t	Ag g/t		NaCN	Ca(OH) <sub>2</sub>	
6863 <sup>1</sup>	6	0.343	Tr	13.10	0.32	0.00	5
	19	0.994	Tr	37.95	0.43	0.00	273
	34	<u>0.309</u>	<u>Tr</u>	<u>11.00</u>	<u>0.24</u>	<u>0.00</u>	436
	Total:	1.646	Tr	62.05	0.99	0.00	
	Essais terrils:	0.973	1.59				
	Taux calculé:	2.619	1.59				
6888 <sup>1</sup>	6	1.131	Tr	44.21	0.59	0.02	156
	20	0.549	Tr	21.46	0.59	0.00	582
	41	0.274	Tr	10.71	0.51	0.00	989
	60	0.171	Tr	6.60	0.42	0.00	1250
	91	<u>0.120</u>	<u>Tr</u>	<u>4.69</u>	<u>0.45</u>	<u>0.00</u>	1410
	Total:	2.245	Tr	87.75	2.56	0.02	
	Essais terrils:	0.317	0.39				
	Taux calculé:	2.562	0.39				
7448 <sup>2</sup>	20	0.103	Tr	3.84	1.23	0.77	80
	40	0.514	Tr	19.16	0.83	0.47	681
	67	<u>0.377</u>	<u>Tr</u>	<u>14.05</u>	<u>0.77</u>	<u>0.43</u>	980
	Total:	0.994	Tr	37.05	2.93	1.67	
	Essais terrils:	1.689					
	Taux calculé:	2.683					

Tr signifie trace

1. test aggloméré, voir Fig. 10 pour les conditions d'agglomération
2. test non aggloméré en colonne de lixiviation



Fig. 13

Terrils TORCO - échantillon en vrac (reçu)  
Cyanuration en colonnes avec recyclage  
Récupération de métaux et consommation chimique

TEST NO.	Jours lixiv.	Métaux récupérés		taux or récupéré	Consommation chimique kg/tonne	
		Au g/t	Ag g/t		NaCN	Ca(OH) <sub>2</sub>
7149	7	1.046	Tr	40.61	0.59	0.03
Cycle 1	17	0.600	Tr	23.29	0.45	0.00
	33	<u>0.400</u>	<u>Tr</u>	<u>18.63</u>	<u>0.46</u>	<u>0.00</u>
Total:		2.126	Tr	82.53	1.50	0.03
Essais terrils:		0.450	Tr			
Taux calculé:		2.576	Tr			
7257	5	1.646	Tr	60.12	1.42	0.00
Cycle 2	22	0.634	Tr	23.16	0.50	0.00
	35	<u>0.137</u>	<u>Tr</u>	<u>5.00</u>	<u>0.19</u>	<u>0.00</u>
Total:		2.417	Tr	88.28	2.11	0.00
Essais terrils:		0.321	0.60			
Taux calculé:		2.738	0.60			
Tr signifie trace.						
7433	6	1.543	Tr	59.70	1.37	0.00
Cycle 3	20	0.614	Tr	23.79	0.38	0.01
	28	<u>0.137</u>	<u>Tr</u>	<u>5.31</u>	<u>0.24</u>	<u>0.03</u>
Total:		2.294	Tr	88.80	1.99	0.04
Essais terrils:		0.287	Tr			
Taux calculé:		2.581	Tr			
7531	7	1.474	Tr	53.85	1.27	0.03
Cycle 4	19	0.651	Tr	23.79	0.21	0.00
	34	<u>0.171</u>	<u>Tr</u>	<u>6.25</u>	<u>0.20</u>	<u>0.00</u>
Total:		2.296	Tr	83.89	1.68	0.03
Essais terrils:		0.441				
Taux calculé:		2.737				





## 2.2.7 Détails des essais

### 2.2.7.1 Démarrage des essais

La solution initiale de lixiviation pour tous les sept tests en colonne contenait 1,0 gramme de cyanure de sodium par litre. La solution initiale pour les tests 6863, 6888, 7149 et 7448 contenait également 0,5 grammes de chaux hydratée par litre de solution (la quantité de chaux hydratée utilisée dans les essais était négligeable et on emploiera seulement du ciment dans les systèmes de production). Les effluents initiaux de six essais effectués avec de la matière agglomérée avaient un pH allant de 11,4 à 12,1 et une teneur en cyanure de 0,04 à 0,61 g/l de cyanure de sodium libre. L'effluent initial de l'essai réalisé sur les terrils non-agglomérés (test N° 7448) avait un pH de 8,2 et contenait 0,04 g/l de cyanure de sodium libre. Ces données sont représentées sur la figure 11.

### 2.2.7.2 Couleur et clarté de la solution

Les effluents initiaux des sept essais étaient clairs et incolores ou légèrement bleutés. La couleur et la clarté des effluents initiaux et finals de chacun des essais représentées sur la figure 11.

### 2.2.7.3 Alcalinité et concentration

Au départ, la solution de lixiviation pour chacun des tests en colonne, contenait 1,0 gramme de cyanure de sodium par litre. Avant de recycler les solutions, la concentration en cyanure fut réajustée à 1,0 gramme NaCN par litre pour la durée des essais.

La chaux hydratée fut utilisée pour maintenir le pH des solutions de lixiviation au-dessus de 10,0. La chaux hydratée utilisée dans les essais effectués sur les terrils agglomérés, n'avait pour but que de conditionner l'eau ajoutée aux essais, comme le ciment employé pour l'agglomération qui ne sert qu'à maintenir le pH au-dessus de 11,0.

Le taux moyen de la consommation en cyanure dans les six tests en colonne sur agglomérés s'élève à 1,66 kg de cyanure de sodium par tonne de minerai.



L'expérience préliminaire en laboratoire/à l'échelle industrielle a démontré que la consommation chimique dans les tas industriels était, après 60 jours, nettement inférieure à la consommation notée pour les essais de 30 jours en laboratoire. En se basant sur cette observation, on peut compter avoir une consommation de cyanure de sodium inférieure à 2,00 kg par tonne pour la lixiviation industrielle des tas en 60 jours.

Le taux moyen de la consommation en chaux au cours des six tests exécutés sur la matière agglomérée n'était que de 0,03, le ciment utilisé pour l'agglomération étant suffisant pour maintenir l'alcalinité protectrice des solutions de lixiviation au-dessus de 10,0 en pH.

L'essai 7448 fut réalisé avec une portion de 15 kg de terrils non agglomérés sur une période de 67 jours. Le taux d'écoulement observé se révéla inférieur au taux de dimensionnement et la perméabilité complètement insuffisante.

#### 2.2.7.4 Taux de récupération de l'or

Les graphiques des figures 1, 2 et 3 représentent la récupération de l'or par rapport au nombre de jours de lixiviation pour chacune des sept essais en colonnes. L'essai 7448 sur l'échantillon non aggloméré a donné le taux le plus lent de récupération et le plus bas dans l'ensemble.

Le taux de récupération au cours des essais sur de la matière agglomérée fut modéré; dans les sept essais, on a pu constater que la récupération de l'or continuait alors que les essais étaient déjà terminés. Dans la série de tests à recyclage, l'agglomération avec une solution à forte concentration de cyanure donna au départ des taux de récupération d'or plus élevés et plus rapides.

#### 2.2.7.5 Analyse des terrils

Une fois les essais en colonnes terminés, les terrils furent retirés des colonnes et séchés dans un four. Les terrils séchés furent ensuite passés sur un crible, type 10 mailles, pour briser les parties agglomérées et l'échantillon fut divisé en quarts. Deux portions de 500 grammes furent ensuite prélevées de chaque quart, pulvérisées et un échantillon de chaque portion fut soumis à l'analyse au feu.

Les résultats de ces essais sont montrés sur les Fig. 14 à 20.



Fig. 14

Essai en colonnes des terrils TORCO,  
No. 6863  
Analyses au feu (coupellation)

<u>Part</u>	<u>Au g/t</u>	<u>Ag g/t*</u>
A	1.029 1.029	Tr 1.71
B	0.823 1.063	0.69 1.37
C	0.891 0.994	2.06 3.77
D	1.029 <u>0.926</u>	2.74 <u>0.34</u>
Moyenne:	0.973	1.59

\*Tr signifie trace.

-----  
Fig. 15

Essai en colonnes des terrils TORCO,  
No. 6888  
Analyses au feu (coupellation)

<u>Part</u>	<u>Au g/t</u>	<u>Ag g/t</u>
A	0.446 0.309	Tr Tr
B	0.377 0.206	Tr Tr
C	0.377 0.206	Tr 2.06
D	0.411 <u>0.171</u>	Tr <u>1.03</u>
Moyenne:	0.313	0.39

Tr signifie trace.



Fig. 16

Essai en colonnes des terrils TORCO  
No. 7149  
Analyses au feu (coupellation)

<u>Part</u>	<u>Au g/t</u>	<u>Ag g/t*</u>
A	0.514 0.411	Tr Tr
B	0.446 0.411	Tr Tr
C	0.514 0.411	Tr Tr
D	0.480 <u>0.411</u>	Tr <u>Tr</u>
Moyenne	0.450	Tr

\*Tr signifie trace.

-----  
Fig. 17

Essai en colonnes des terrils TORCO  
No. 7257  
Analyses au feu (coupellation)

<u>Part</u>	<u>Au g/t</u>	<u>Ag g/t*</u>
A	0.274 0.309	1.37 Tr
B	0.343 0.343	Tr Tr
C	0.411 0.309	3.43 Tr
D	0.274 <u>0.309</u>	Tr <u>Tr</u>
Moyenne	0.321	0.60

\* Tr signifie trace.



Fig. 18

Essai en colonnes des terrils TORCO  
No. 7433  
Analyses au feu (coupellation)

<u>Part</u>	<u>Au g/t</u>	<u>Ag g/t*</u>
A	0.274 0.309	Tr Tr
B	0.274 0.309	Tr Tr
C	0.274 0.343	Tr Tr
D	0.206 <u>0.309</u>	Tr <u>Tr</u>
Moyenne	0.287	Tr

\*Tr signifie trace

-----  
Fig. 19

Essai en colonnes des terrils TORCO  
No. 7448  
Analyses au feu (coupellation)

<u>Part</u>	<u>Au g/t</u>	<u>Ag g/t*</u>
A	1.611 1.646	Tr Tr
B	1.577 1.646	Tr Tr
C	1.886 1.783	Tr Tr
D	1.851 <u>1.509</u>	Tr <u>Tr</u>
Moyenne	1.689	Tr

\*Tr signifie trace.



Fig. 20

Essai en colonnes des terrils TORCO

No. 7531

Analyses au feu (coupellation)

<u>Part</u>	<u>Au g/t</u>	<u>Ag g/t*</u>
A	0.343 0.411	Tr Tr
B	0.754 0.411	Tr Tr
C	0.377 0.411	Tr Tr
D	0.274 <u>0.549</u>	Tr <u>Tr</u>
Moyenne	0.441	Tr

\*Tr signifie trace.



## 2.2.8 Méthodes d'analyse

### 2.2.8.1 Echantillons de référence des terrils

Les échantillons furent envoyés à deux laboratoires commerciaux indépendants pour être soumis à l'analyse au feu.

### 2.2.8.2 Analyse du charbon

La charge de charbon activé fut séchée et pesée. Deux échantillons furent prélevés et analysés, le reste fut conservé pour servir de référence. Le charbon pour l'essai fut brûlé pour le transformer en cendre avant de le soumettre à l'analyse au feu conventionnelle.

### 2.2.8.3 Analyse des solutions

Une analyse approximative de la solution fut réalisée à chaque cycle sur un spectrophotomètre d'adsorption atomique en utilisant les standards d'or et d'argent, calibrés à l'analyse au feu. L'analyse de la solution a surtout été utilisée pour vérifier la progression de la lixiviation alors que les récupérations actuelles étaient basées sur les analyses au feu de charbon activé.

Les solutions de lixiviation finales ont été analysées par les méthodes d'absorption atomique, les quantités d'or et d'argent décelées s'avérèrent négligeables.



### 3 Paramètres généraux de l'usine

#### 3.1 Base métallurgique du projet

Le projet est dimensionné pour traiter 310.000 t/an (pour une utilisation à cent pour cent) de terrils TORCO par des méthodes de lixiviation en tas. Cependant, la capacité réelle (taux de disponibilité) s'avèrera certainement inférieure et ne sera probablement que de 64 % la première année de production et de 80 % les années suivantes.

Les terrils à traiter proviennent d'un minéral d'oxyde de cuivre réfractaire, traité antérieurement selon le procédé TORCO à Akjoujt/Mauritanie.

Les réserves en terrils, dénommés TORCO, furent chiffrés à 2,5 millions de tonnes et leur teneur en or à 3 grammes par tonne.

Les essais en laboratoire de lixiviation en colonnes indiquent que la lixiviation de ces terrils se fait bien lorsqu'ils sont agglomérés avec du ciment (10 kg par tonne) et en utilisant une solution diluée de NaCN et un agent mouillant (Nalco 8814 ou équivalent). Les essais permettent de supposer qu'un ensemble industriel pourrait récupérer 85 % de l'or contenu dans les terrils en 90 jours de lixiviation.

Les terrils renferment un maximum de 0,16 % de cuivre soluble dont la consommation en cyanure n'est pas grave du point de vue économique si l'on considère le prix de l'or. En cours de service, il est possible de prélever périodiquement une partie de la solution du procédé et de la remplacer pour prévenir tout comportement insuffisant de la lixiviation dû à la formation de cuivre dans la solution. Comme nous pensons que cette procédure ne sera pas nécessaire, nous ne l'avons pas incluse dans la présente étude.

#### 3.2 Description des systèmes de production

Un schéma du procédé généralisé est présenté sur le plan N° 801-31-180 UA.





Les terrils seront traités sur le site du dépôt par un pulvérisateur à disque, puis par un rouleau compresseur. Les deux machines seront tirées par un tracteur agricole. Les terrils, émottés et désagrégés, seront repris par un chargeur à benne frontale et chargés sur camion, puis transportés vers une trémie d'alimentation. La matière sera alors introduite dans un tambour rotatif pour la phase d'agglomération avec le ciment, le NaCN et l'agent mouillant.

A la sortie du tambour, le produit aggloméré sera transféré par des transporteurs et par un chariot élévateur radial jusqu'au tas où il sera empilé jusqu'à 6 m de haut. Le tas sera monté sur une toile en plastique, protégée par une couche de sable dans les zones où travaille l'équipement de mise en tas.

La lixiviation des agglomérés aura lieu en deux cycles successifs de 45 jours chacun. La disposition des toiles, des bassins et des fossés à solution devra être telle que les solutions provenant de diverses sections du tas s'écouleront à contre-courant vers différents bassins collecteurs. Une fois la lixiviation terminée (plusieurs cycles sont nécessaires), les tas seront lavés et abandonnés.

Chaque module de tas mesurera 106,5 x 45 mètres et contiendra 38,700 tonnes de matière (correspondant à 45 jours civils de production). La surface totale sous lixiviation correspondra à deux modules de tas et couvrira environ 9600 mètres carrés y compris deux talus.

La solution du procédé sera appliquée à raison de 10 litres par heure par mètre carré, ou 48 mètres cubes par heure par module de tas.

L'or sera récupéré dans une installation d'adsorption-désorption à charbon (ADR). Dans la section d'adsorption de l'installation de récupération, la solution riche en or entrera en contact avec du charbon activé 6 x 12 M dans le flux supérieur d'un système de fluidisation. Dans la section de désorption, le charbon sera séparé en utilisant une solution caustique à haute température pressurisée. La solution séparée -porteuse d'or- s'écoulera vers une cellule électrolytique pour la récupération de l'or.

L'installation de séparation peut traiter 540 kg de charbon par jour en capacité maximum.



### 3.3 Critères d'étude

#### Jours de service par période

agglom. + mise en tas      26 jours/mois; 12 mois/an  
lixiviation                    30 jours/mois; 12 mois/an

Taux de production:      310.000 tonnes par an  
                                  25.800 tonnes par mois  
                                  1.000 tonnes par jour  
(agglomér. & mise en tas)  
                                  860 tonnes par jour  
                                  (lixiviation)

#### Récupération d'or

Teneur moyenne en or      3,00 grammes or/tonne \*  
Récupération                2,55 grammes or/t. (85 %)

Hauteur du tas              6 mètres

Densité en vrac             1,44 t. mat.sec/mètre cube

Durée cycle lixiviation    45 jours

Nombre de cycles          2 de procédé + lavage

Flux volumétrique tas      10 litres/heure/m. carré  
                                  48 mètres cubes/tas/heure

Flux vol. service install.   48 mètres cubes/heure

Flux vol. capacité inst.    58 mètres cubes/heure

#### Eau fraîche requise

absorption minéral        7,2 mètres cubes / heure  
lixiviation + lavage      22,1 mètres cubes / heure  
évaporation bassin        0,4 mètres cubes / heure  
estimation usage camp    5,1 mètres cubes / heure  
-----  
t o t a l                      34,8 mètres cubes / heure.

-----  
\* voir page 18



### 3.4 Réactifs requis

Les essais en laboratoire indiquent que pour le dimensionnement de l'exploitation, l'addition des réactifs devrait se faire dans les proportions suivantes:

cyanure ajouté à l'agglomération	2,00 kg/tonne
cyanure ajouté au bassin intermédiaire	0,00 kg/tonne
ciment ajouté à l'agglomération	10,00 kg/tonne
agent mouillant Nalco 8814 ajouté à l'agglomération	0,04 kg/tonne
solution ajoutée à l'agglomération	250,00 kg/tonne
consommation en cyanure du projet	2,00 kg/tonne



#### 4 Conception de la manutention des terrils et coûts d'investissement

##### 4.1 Récupération de la matière

Le dépôt des terrils présente une dureté irrégulière (cimentation naturelle) à la surface supérieure. La matière à l'intérieur du tas varie vraisemblablement de dure et sèche à sableuse et humide.

Le dimensionnement de l'alimentation a été établi sur la base théorique que l'extraction des terrils peut se faire en couches et qu'aucune autre opération de fractionnement n'est nécessaire avant l'agglomération.

Un pulvérisateur à disque combiné avec un rouleau compresseur est requis pour couper et briser la matière en une seule opération. Le pulvérisateur à disque et le rouleau compresseur seront attachés à un tracteur, qui sera équipé ultérieurement d'une nivelieuse et d'une benne, ce qui termine l'énumération des usages multiples de cet engin.

Ensuite, les terrils seront repris par un chargeur à benne frontale et chargés sur des camions pour le transport jusqu'à la trémie d'alimentation.

En outre, il serait utile d'avoir un tas en réserve pour assurer l'alimentation de l'installation en cas d'arrêt imprévu. La matière serait alors reprise de ce stock à l'aide du chargeur à benne.

Il est nécessaire, au départ, de préparer les terrils en nivelant leur surface avec un bulldozer. Cet engin peut également être utilisé à d'autres fins dans l'exploitation, par exemple, dans la construction et l'entretien des routes, le nivellement de la surface des aires de lixiviation.

Le degré d'émottage représente un point critique dont dépend le succès de l'agglomération et de la lixiviation. Les boulets finis seront caractérisés par un diamètre de 6 à 15 mm; toutefois, leur consistance ne sera assurée que s'ils sont formés à partir d'une matière de minerai largement constituée de fines particules désagrégées. Les boulets contenant des



"mottes" naturelles de plus de 4 mm seront en partie brisés dans les tas. On s'attend à une grande quantité de casse, ce qui ne saurait avoir un effet important, à condition toutefois que cette casse ne devienne pas trop rigoureuse car, dans ce cas, la perméabilité et les taux de récupération de l'or déclinerait.

Compte tenu d'expériences réalisées avec des techniques d'exploitation semblables (pulvériseur à disque) sur des terrils en Australie et sur des minerais à forte teneur en argile, nous pensons que l'obtention d'une combinaison correcte des techniques d'exploitation et d'agglomération ne sera qu'une simple procédure. Il sera très important d'exercer un contrôle continu de la qualité des opérations minières en vue d'atteindre la cible pour la taille des mottes.

La préparation, l'exploitation, le transport et l'alimentation des terrils demanderont le nouvel équipement suivant comportant:

- 1 pulvériseur à disque avec rouleau
- 1 tracteur
- 1 chargeur à benne frontale
- 3 camions 15 t

L'investissement pour cet équipement d'exploitation s'élève à 700.000 US\$, fret et assurance compris.

En outre, il est également nécessaire d'avoir un équipement mobile auxiliaire pour les autres sections de l'installation. Nous supposons que l'équipement indiqué ci-après ne se trouve actuellement pas à AKJOUJT et qu'il faudra donc l'acheter:

- 1 bulldozer
- 1 camion 15 t
- 1 chargeur à benne frontale, 2,5 m<sup>3</sup>
- 1 chariot élévateur
- 1 camionnette

Pour cet équipement, il faudra engager 540.000 US\$, fret et assurance compris.

#### 4.2

#### Agglomération

L'agglomération est un procédé dans lequel la fine matière alimentée est mélangée avec des réactifs,



mouillée, puis formée en petits boulets ronds par une opération en tambour. Une fois le mouillage terminé, quelques agglomérations commencent à se former aux points de transfert par courroie ou à d'autres endroits où la matière est agitée. Pour obtenir une agglomération correcte, il faut que la matière soit soumise à un mouvement de rotation, assurant ainsi la compacité des boulets. Cette opération se fait dans un tambour d'agglomération.

Le programme des essais réalisé en laboratoire sur les terrils TORCO, montre qu'ils se laisseront facilement formés. En ajoutant 10 kg de ciment Portland par tonne de terrils, on obtiendra une compacité suffisante de sorte que les agglomérés garderont leur perméabilité pendant la lixiviation des tas. Il est donc nécessaire d'ajouter un agent mouillant.

Les essais en laboratoire indiquent aussi que l'introduction de la solution avec une haute concentration en cyanure dans le tambour d'agglomération augmente la vitesse d'extraction et surtout le taux total de la récupération d'or. C'est la raison pour laquelle la plupart du cyanure utilisé dans le procédé sera ajouté au minerai au cours de l'agglomération.

L'agglomération et le procédé d'adjonction de réactifs comprendront les opérations suivantes:

#### 4.2.1 Alimentation du minerai

Le débit d'alimentation du minerai dans les systèmes d'agglomération doit être constant. Le minerai sera alimenté à partir d'une trémie équipée dans le fond d'un transporteur à courroie continue. La vitesse de la bande sera contrôlée par une commande à vitesse variable.

#### 4.2.2 Addition de ciment

Le ciment sera alimenté sur le transporteur à courroie par une vis de dosage sous le silo de ciment en vrac.

Le silo sera rempli par camion pneumatique.



#### 4.2.3 Dosage de la solution de cyanure

La solution au cyanure sera alimentée dans le tambour à raison de plus de 600 litres par minute. Cette solution sera fournie par une pompe indépendante placée dans le bassin pour la solution pauvre en or. La solution, alimentée dans le tambour d'agglomération par des tuyaux à "pommes d'arrosoir", sera pulvérisée sur le minerai. La quantité de solution alimentée fera l'objet d'un contrôle manuel à la sortie du tambour.

#### 4.2.4 Agent mouillant

L'agent mouillant sera livré sur le site sous forme de liquide concentré dans des fûts de 200 litres.

L'introduction de l'agent mouillant dans le système se fait à l'aide d'une pompe de dosage haute pression qui l'alimente dans le flux de la solution avant son injection dans le tambour. Le contrôle de ce système d'alimentation et de pompe sera manuel. Env. 0,04 kg d'agent mouillant sera utilisé par tonne de minerai, soit 40 kg par jour.

#### 4.2.5 Addition de cyanure de sodium

Le cyanure de sodium sera livré sur le site dans des fûts de 100 kg. Les fûts seront positionnés manuellement puis culbutés, en utilisant un petit palan, dans un réservoir d'agitation de 2000 l. La solution dans le réservoir sera de 10 % de cyanure de sodium, plus une petite quantité d'hydroxyde pour le contrôle du pH.

#### 4.3 Construction du tas

Compte tenu que les agglomérés doivent être manipulés avec précaution, il convient d'utiliser un transporteur continu.

La construction du tas est réalisée par une sauterelle radiale.

Une sauterelle radiale de 20 mètres avec un prolongement escamotable de 6,0 mètres sera utilisée. Cette sauterelle pourra permettre de monter le tas jusqu'à une hauteur de 7,5 mètres .



Le dimensionnement de la sauterelle étant critique, il vaudrait mieux éviter d'opter pour un modèle standard.

Les détails de la sauterelle sont présentés sur les plans N° 801-11-298 UA et 801-11-300 UA.

Les agglomérés seront transportés de la sortie du tambour d'agglomération à la sauterelle par un convoyeur de transfert et une série de courroies de transport mobiles.

La matière transportée par le convoyeur de transfert sera reprise par l'un des deux transporteurs de 100 mètres, placés en série. Ces deux transporteurs seront installés parallèlement et le long de la pente du tas. Ils sont montés sur rails, ce qui permet de les déplacer en les tirant avec un treuil mobile.

Ces longs transporteurs seront alimentés par un lot de onze transporteurs mobiles de 20 mètres qui assureront l'alimentation de la sauterelle radiale.

Tous les transporteurs de 20 mètres seront montés sur roues pour faciliter leur déplacement. Ils seront reliés ensemble par câble pour les mettre en ligne afin qu'ils puissent être rétractés en une seule opération.





L'installation pour l'agglomération, l'addition de réactifs et la construction des tas comprendra les différents postes du nouvel équipement, indiqués ci-dessous:

	<u>US DOLLARS</u>
trémie alimentation/ alimentateur courroie	67.000,00
rampe et mur de soutènement	10.000,00
silo ciment et vis dosage	55.000,00
système solution agglomération et plomberie	3.000,00
pompe dosage réactif mouillant	2.000,00
système addition NaCN	5.000,00
transporteurs aliment./évacuation	32.000,00
tambour d'agglomération	178.000,00
env. 500 m transporteurs en série	373.000,00
sauterelle radiale	55.000,00
unité contrôle électrique	343.000,00
bascule courroie	20.000,00
totalité de l'équipement	----- 1.143.000,00
installation /assemblage 30 %	340.000,00
fret / assurance estimés à	285.000,00
Coût total, équipement installé	----- 1.768.000,00



**5 Aménagement du site, installation des toiles en plastique et des bassins, coût des investissements**

**5.1 Plan d'ensemble**

Le plan d'ensemble des toiles en plastique, bassins et du site de l'installation est présenté sur le plan ci-joint N° 801-11-298 UA.

Le site fut choisi à cause de sa proximité avec une infrastructure existante et de sa pente modérée permettant le drainage des tas. Le site est situé à environ 1500 mètres au sud de l'aire des terrils TORCO et jouxte l'ancienne installation du procédé TORCO. La toile de lixiviation occupe une surface de 475 x 740 mètres, ce qui est suffisant pour contenir 2,5 millions de tonnes de terrils mis en tas. Le relief local de cette surface présente une pente régulière dont la moyenne est de 1 % vers le nord-est.

Les tas finals seront construits en deux segments de 1,25 million de tonnes de terrils chacun ayant une surface continue lisse et mesurant dans le sens montée-descente 198 mètres et 720 mètres d'un côté à l'autre. Dès que la nouvelle matière est mise en tas, chaque segment des tas sera élargi latéralement par des modules de 45 mètres de large.

Chaque module de 198 x 45 mètres sera construit pendant une période de production de 90 jours. Les demi-côtés ascendant et descendant de chaque segment seront séparés par un remblai intérieur (décrit ci-dessous) et seront soumis à la lixiviation dans des tas séparés d'une production de 45 jours. Chaque tas de production de 45 jours contiendra 38.700 tonnes et mesurera 106,5 x 45 mètres (un talus compris).

**5.2 Mise en place des toiles en plastique pour la lixiviation initiale**

Au départ des opérations, il faudra installer suffisamment de matière plastique pour l'exploitation de la première année. La toile plastique requise est de 205 x 223 mètres; les tas seront entourés d'un bord de cinq mètres pour minimiser les pertes en cyanure, éventuellement dues à une surpulvérisation.



### 5.3 Remblais

Deux types de remblais destinés à contrôler la solution seront contruits sur la surface de la toile. Les remblais sont représentés sur le plan ci-joint N° 801-11-301 UA.

Le premier type de remblai sera utilisé pour isoler chaque segment de tas des tas voisins de façon à pouvoir garder séparément les solutions de lixiviation à leurs différentes phases de lixiviation et lavage. Ces remblais longitudinaux ascendants/descendants seront construits en plaçant un talus de terre de 60 cm de haut au sommet du sol préparé sous la toile en PVC.

Un second type de remblai, appelé remblai latéral, traverse le talus et sera utilisé à l'intérieur des tas pour séparer les solutions des modules de lixiviation adjacents couvrant une production de minerai de 45 jours. Ces remblais seront construits en utilisant les mêmes techniques que les remblais longitudinaux.

### 5.4 Fossés collecteurs de solution

Un fossé, situé au pied de la pente de la toile, sert à transporter la solution vers l'un des trois bassins. Ce fossé a une profondeur de 0,5 mètre, une largeur de 2,5 mètres à la base et 3,5 mètres au sommet.

Le fossé est pourvu de deux tuyaux qui transportent la solution s'écoulant des modules des tas jusque dans les bassins à solution riche en Au ou dans les bassins intermédiaires. Entre les toiles sont placés de courts fossés raccordés au fossé principal, dans lesquels sont posés des tuyaux, courts également, qui peuvent facilement être re-raccordés sur l'une des deux gaines de transfert de la solution.

Le taux d'écoulement de la solution dans les bassins à solution riche et les intermédiaires sera contrôlé. Cet équipement de contrôle sera monté dans les fossés juste avant qu'ils n'entrent dans les bassins respectifs. C'est là que seront prélevés les échantillons de la solution.



### 5.5 Drainage du tas et couverture protectrice

En vue d'assurer un bon drainage de la solution à partir de la base des tas de minerai et pour prévenir une pression hydrostatique excessive à partir de l'accroissement sur la feuille de plastique, un tuyau en polyéthylène perforé - 50 mm - (drain utilisé dans l'agriculture) sera posé sur la toile en PVC à six mètres des centres. Il faudra donc 7.800 mètres de drains pour la première année d'exploitation.

Une couche de roche concassée sera également nécessaire pour protéger la toile en PVC dans la zone soumise au trafic de véhicules, notamment à l'endroit où travaillera la sauterelle de mise en tas. Il en va de même pour les engins relativement lourds tels que le chargeur à benne frontale qui traversera la surface de la toile lorsqu'il s'agira de re-déplacer les transporteurs en série. Cette "route" occupera, sur 25 m, le centre de chaque segment de tas de 45 mètres de large. Les toiles et la tuyauterie comprises dans cette zone seront protégées par une couverture textile (géotextile) et une couche de 0,3 mètre se composant de minerai broyé, de sable ou d'agglomérés faits avec un surcroît de ciment.

### 5.6 Méthodes d'installation des toiles en plastique et coûts afférents

La mise en place des toiles, remblais, fossés et drains comprendra les opérations suivantes:

1. niveler grossièrement la surface pour obtenir une pente naturelle mais régulière; remblayer les petites dépressions si nécessaire
2. lorsque le remblayage est nécessaire, il faut mouiller la matière utilisée pour le remblayage pour obtenir un taux d'humidité de l'ordre de 15 % et la compacter en couches de 0,25 mètre
3. pour la construction des remblais, il faut répandre une couche de fine poussière, arroser et mélanger pour obtenir une couche ayant un taux d'humidité d'env. 20 %; reprendre cette matière avec un bulldozer ou un chargeur et former les remblais; compacter les remblais avec un compacteur vibrant



4. ratisser et inspecter la surface finale; enlever les morceaux de plus de 15 mm, les résidus de l'installation ou autre objet étranger; finir de niveler et compacter la surface
5. creuser, niveler et compacter les fossés à solution
6. poser une feuille de plastique de 0,75 mm (PVC) à l'emplacement des tas et tapisser les fossés et bassins à solution avec une feuille de plastique (Hypalon) de 0,90 mm
7. poser et aligner les tuyaux de transfert de solution dans les fossés
8. installer les drains sur la toile
9. recouvrir les tubes de drainage d'une couche protectrice de graviers ou de minéral aggloméré de 0,3 mètre.

Une équipe de 12 hommes s'occupera de garnir les toiles, les bassins et les fossés. Ce matériel en plastique sera livré sur le chantier en panneaux préfabriqués d'env. 1000 mètres carrés chacun. Ces panneaux seront posés sur une section de surface préparée, puis soudés les uns aux autres par un ciment à solvant.

Le coût de la matière plastique utilisée pour les tas (48.000 mètres carrés de PVC) et pour les fossés (3.000 mètres carrés d'Hypalon), pose comprise, pour la première année est détaillé dans le tableau suivant.



	US-Dollars
Matière plastique	
48.000 m <sup>2</sup> 0,75 mm PVC	122.000,00
3.000 m <sup>2</sup> 0,90 mm Hypalon	17.000,00
20.000 m <sup>2</sup> Géotextile	24.000,00
7.800 m tube perforé drainage	9.000,00
750 m gaine transfert solution	50.000,00
4.000 m <sup>3</sup> roche broyée	30.000,00
colle et outillage pour la pose	15.000,00
Equipement	
camion eau: 12 jours	
20.000 US\$/jour	2.400,00
bulldozer, D-8: 18 jours	
560,00 US\$/jour	10.800,00
chargeur: 30 jours	
250,00 US\$/jour	7.500,00
(seulement coût d'exploitation bulldozer et chargeur, équipement requis pour le projet)	
camion de transport: 12 jours	
300,00 US\$/jour	3.600,00
niveleuse pour route: 15 jours	
500,00 US\$/jour	7.500,00
compacteur vibrant: 15 jours	
500,00 US\$/jour	7.500,00
équipement divers	8.700,00
	-----
Totalité matériels/préparation site	315.000,00
Main d'oeuvre installation	25.000,00
Transport maritime/assurance de la matière plastique	25.000,00
Equipement mobile/déplacement	10.000,00
	-----
Coût total des toiles posées pour la première année	375.000,00



## 5.7 Dimensions et désignation des bassins

Le dimensionnement des tas et des bassins est montré sur les plans N° 801-11-298 UA et 801-11-300 UA ci-joints. Il y a quatre bassins initiaux: pauvre en or, intermédiaire, riche en or et d'eau fraîche. La capacité des bassins sera suffisante pour contenir le volume de la solution en service et pour recevoir l'écoulement résiduel des deux cycles de lixiviation plus 30 mm de pluie qui tomberont sur l'aire du tas au cours de la première année d'exploitation. Le volume total des bassins (à l'exclusion du bassin de lavage), divisé en parts égales entre les trois bassins est de 4.500 m<sup>3</sup>.

Chacun de ces trois bassins de procédé (1.500 m<sup>3</sup>) couvrira une surface de 27 x 27 mètres. Ils seront creusés à une profondeur de quatre mètres dans un terrain alluvial avec des talus de 2 : 1. Le volume du bassin de lavage est de 800 mètres cubes. Sa surface sera de 22 x 22 mètres et sa profondeur de 3 mètres.

Tous les bassins seront tapissés d'une feuille de plastique de 0,90 mm (Hypalon renforcé) et pourvus d'un système détecteur de fuites, placé sous le plastique. Le système de détection consiste en deux couches textiles (géotextile) et d'un puisard collecteur; il est relié à la surface par un tube en PVC de 75 mm pour l'observation et l'évacuation de la solution.

Le fonctionnement des bassins est le suivant:

### Bassin à solution riche

-----

La solution provenant du tas à la première lixiviation s'écoulera par un tube dans le fossé tapissé, situé le long de la pente des toiles de lixiviation, avant d'arriver dans le bassin à solution riche. La solution sera ensuite extraite du bassin par une pompe pour être alimentée dans l'installation d'exploitation.



### Bassin à solution pauvre

-----

La solution se trouvant dans les colonnes d'adsorption à charbon sera déchargée dans le bassin à solution pauvre. La concentration en cyanure sera réajustée, le cas échéant, par des additions chimiques dans ce bassin, bien que l'on s'attende à ce que presque tout le cyanure nécessaire soit alimenté dans le tambour d'agglomération. La solution sera pompée de ce bassin vers les plus anciens tas (au second cycle ou un ultérieur)

### Bassin intermédiaire

-----

Les solutions provenant des tas lors du second cycle de lixiviation s'écouleront dans le bassin intermédiaire. Les solutions de lavage en provenance des anciens tas s'écouleront également dans ce bassin. La solution sera pompée de ce bassin vers les plus récents tas (dans le premier cycle de lixiviation).

### Bassin d'eau fraîche

-----

Ce bassin sera alimenté en eau par un pipe-line partant de l'approvisionnement en eau du projet. C'est à partir de ce bassin que sera pompée l'eau fraîche pour les tas, pour l'adduction en eau requise par le système de lixiviation.

Le coût de l'installation des trois bassins pour la solution utilisée dans le procédé et du bassin d'eau fraîche est estimé comme suit:





	US-DOLLARS
excavation et compactage	15.000,00
utilisation d'équipement pendant l'installation	2.500,00
matière plastique	
2.050 m <sup>2</sup> - 0,9 mm Hypalon	11.500,00
2.050 m <sup>2</sup> géotextile	2.500,00
colle, système détecteur fuites	18.500,00
diverses fournitures et utilisation d'équipement	10.000,00
Totalité matériels/préparation site	60.000,00
main d'oeuvre installation	5.000,00
transport maritime/assurance pour le plastique	4.000,00
Coût total des bassins installés	69.000,00

6

#### Taux d'écoulement et exigences en eau

Les courants d'eau sont schématisés sur le plan N° 801-11-180 UA.

Chacun des modules du tas de 198 x 45 m (213 x 45 mètres en incluant deux talus) contiendra 77.400 tonnes de minerai, ce qui correspond à 90 jours de production. A tout moment, une aire de 9.600 mètres carrés sera sous lixiviation (en n'incluant pas les cycles de lavage temporaires). Il y aura, en principe, 4.800 m<sup>2</sup> soumis à la lixiviation primaire et respectivement 4.800 m<sup>2</sup> en secondaire. La solution du procédé sera aspergée à raison de 10 litres par heure et par mètre carré ou 48 mètres cubes par heure et par tas. La capacité de l'installation de récupération est prévue pour traiter 48 mètres cubes par heure. Etant donné que l'actuelle quantité de solution disponible sera réduite par une évaporation de 20 % de la solution pompée, l'installation est effectivement dimensionnée pour une capacité ayant une marge excédentaire de 20 %.



Les demandes d'adduction d'eau comprennent l'eau absorbée et retenue par le minerai et les pertes par évaporation.

L'absorption d'eau au cours de l'agglomération et de la saturation subséquente des nouveaux tas seront de 200 litres par tonne de minerai aggloméré ou de 5.200 mètres cubes par mois.

L'évaporation des tas à une humidité constante est fonction de la quantité de la solution aspergée. La moyenne de la perte par évaporation sur 24 heures est estimée à 20 pour cent de la solution versée sur les tas, soit 13.800 mètres cubes par mois.

L'évaporation au cours du cycle de lavage sera de 15 pour cent de l'évaporation de l'eau du procédé, soit 2.100 mètres cubes par mois.

Le volume total d'eau requis pour le procédé est donc de 21.100 mètres cubes par mois. Il faut également prévoir un approvisionnement en eau potable pour le camp et de l'eau pour asperger les routes de transport et l'aire installation/bureaux à cause de la poussière, estimé en gros à 4.000 mètres cubes par mois.

Il faudrait revoir les sources d'eau courante afin d'assurer une disponibilité en eau de 25.100 mètres cubes par mois ou un flux continu de 35 mètres cubes par heure. D'après les informations de SAMIN, l'approvisionnement en eau sera assuré par le pipe-line qui peut fournir 58 mètres cubes par heure.



7 Installation de récupération et système de tuyauterie pour le tas

7.1 Options pour l'installation de récupération

L'installation de récupération choisie pour Akjoujt est une installation modulaire d'adsorption au charbon dans laquelle est incorporée une réextraction à haute température et haute pression suivie d'une récupération électrolytique de l'or. L'installation comprend un four de fusion et tout l'équipement annexe nécessaire à la production, sur place, de lingots d'or brut (bullion).

Il existe, dans le choix des installations de récupération de l'or par cyanuration, deux options de base: l'une, utilisant la poussière de zinc (Merrill-Crowe) et l'autre, le charbon activé. Ces deux options sont traitées ci-après.

Comparaison entre le système Merrill-Crowe et l'adsorption au charbon pour la récupération d'or

-----

La précipitation au zinc de l'or et de l'argent des solutions riches selon le procédé Merrill-Crowe fut développée il y a plusieurs décennies et est une méthode commune de la récupération de l'or. Le procédé englobe des étapes de traitement de filtration et de désaéragage suivies d'une injection de poussière de zinc aboutissant à un gâteau aurifère de filtre-pressé. Le gâteau est ensuite séché et porté à fusion dans un four pour produire des lingots d'or brut.

Le procédé d'adsorption au charbon fut développé plus récemment et commence avec l'adsorption de l'or et de l'argent sur du charbon activé contenu dans des réservoirs ou les étages d'une colonne. Vu que les granules de charbon sont grands, les solutions riches en métaux précieux peuvent être traitées directement sans passer par les phases de filtration. Les métaux précieux seront réextraits du charbon et précipités sur de la paille de fer dans une cellule électrolytique. Les cathodes sont alors portées à fusion dans un four et un lingot est coulé.

Le procédé de la précipitation au zinc est meilleur,



s'il s'agit de traiter des solutions propres, à hautes teneurs en or et argent dissous. Mais si la teneur métallique de la solution tombe à des taux faibles (comme il faut s'y attendre dans le projet d'Akjoujt) ou si les solutions accusent un taux élevé d'autres métaux ou sels, la précipitation avec la poussière de zinc réclame, dans ces cas, une supervision technique serrée et un réajustement continu du procédé.

Par contre, une installation d'adsorption au charbon peut être exploitée par du personnel sans qualification technique, la teneur en métaux n'entrant pas en ligne de compte. Par ce procédé, il est possible de traiter des solutions comportant un taux élevé de solides en suspension, des sels dissous ou des métaux de base et il permet une récupération continue non onéreuse à partir de solutions non propres à faible teneur.

Ces critères et d'autres ont fait que le système d'une installation de récupération par adsorption au charbon fut choisi pour la présente étude.

#### Variantes de réextraction

-----  
Les deux méthodes prises en considération pour ré-extraire l'or et l'argent du charbon chargé sont le système de réextraction (pression atmosphérique) par soude caustique/alcool et le système par pression caustique. Les deux méthodes sont basées sur des travaux conduits par J.B. Zadra réalisés au "United States Bureau of Mines" au début des années 50.

Le système caustique/alcool entraîne le pompage d'une solution chaude (85 degrés C) à 1 pour cent de soude caustique, 1 pour cent de carbonate de sodium et 20 pour cent d'alcool éthylique à la pression atmosphérique à travers une série de charbon chargé. La solution en résultant est alors passée à travers une cellule électrolytique où l'or et l'argent sont précipités. L'excédent de la solution de la cellule est renvoyé par gravité dans un réservoir chauffé et recyclé sur le charbon. L'ensemble du procédé de ré-extraction, y compris l'électroprécipitation, est réalisé approximativement en 24 heures. Les cathodes de la cellule électrolytique renferment les métaux précieux et ceux-ci sont transférés au four de fusion pour être coulés en lingots d'or brut.



Le système à pression caustique est, dans son ensemble, réalisé sur le même principe, sauf qu'il est soumis à des températures et pressions plus élevées (3 bars absolus, 130 degrés C). Pour arriver à de telles températures et pressions, le système de chauffage est placé dans un réservoir sous pression et comprend également des échangeurs de chaleur et des valves de contrôle de pression.

La méthode de réextraction à l'acool peut être exécutée dans un système prévu pour la réextraction par soude caustique, mais l'inverse n'est pas possible.

D'ordinaire, le système de réextraction à l'alcool est utilisé de préférence, car l'investissement est plus faible, le procédé demande moins d'équipement et le contrôle est plus facile.

Mais dans le cas d'Akjout, il est préférable d'utiliser la réextraction par pression à cause, d'une part, des difficultés qu'il y aurait à se procurer de l'alcool pour ce site éloigné et, d'autre part, à cause du coût.



**7.2 Paramètres d'implantation de l'installation**

L'or sera récupéré dans une installation (ADR) de récupération par adsorption-désorption.

L'ensemble des paramètres de dimensionnement de cette installation sont les suivants:

Capacité de l'installation à une utilisation de 100 %\*

quantité de minerai traité  
(26 jours par mois)

1.000 tonnes/jour  
310.000 tonnes/année

flux volumétrique max.de la solution	58	m <sup>3</sup> /h
flux volumétrique en service	48	m <sup>3</sup> /h
récupération de l'or		
concentr. terrils (étude 1983)	3,0	g/t
prévue pour l'installation	90	%
escomptée dans la pratique	85	%
prévue par jour, au total	2,7	kg Au
teneur aurifère moyenne de la solution riche	1,91	ppm Au
concentration Au sur charbon	10,0	kg /t
charbon traité par jour	255,0	kg

\* mode opératoire à la capacité prévue  
(utilisation 100 %)

-----  
agglomération, mise en tas ( 310.000,00 t/an)  
26 jours x 7 h/jour x 12 mois/an  
lixiviation (310.000,00 t/an)  
30 jours x 24 h/jour x 12 mois/an

mode opératoire pour une disponibilité à 64 %  
(première année de production - base de calcul de rentabilité)

-----  
agglomération, mise en tas, lixiviation  
310.000,00 t/an x 0,64 = 198.400,00 t/an  
production d'or  
198,400 t/an x 3 g/t x 0,85 = 506 kg Au par an



mode opératoire pour une disponibilité à 80 %  
(seconde année de production et suivantes - base de  
calcul de rentabilité)

-----

agglomération, mise en tas, lixiviation  
 $310.000,00 \text{ t/an} \times 0,80 = 248.000,00 \text{ t/an}$   
production d'or  
 $248.000 \text{ t/an} \times 3 \text{ g/t} \times 0,85 = 632 \text{ kg Au par an}$

### 7.3 Description du procédé de récupération

Dans la section adsorption de l'installation de récupération, la solution de lixiviation riche entrera en contact avec du charbon granulaire activé 6 x 12 M dans un système fluidisé. L'équipement d'adsorption consistera en une seule tour d'adsorption en cinq étages d'env. 12,7 mètres de haut et de 1,13 mètre de diamètre. Chaque étage contiendra 540 kg de charbon.

Dans la section désorption de l'installation, le charbon sera réextrait en utilisant une solution caustique pressurisée à température élevée. La solution de réextraction, contenant l'or, s'écoulera dans une cellule électrolytique où l'or sera précipité sur les cathodes en paille de fer. Les cathodes seront traitées dans un four à creuser marchant au fioul pour produire des lingots de métaux bruts (impurs).

Après la réextraction, le charbon sera transféré dans un réservoir contenant de l'acide, où il sera lavé avec une solution d'acide hydrochlorique dilué. Le charbon sera ensuite recyclé dans la tour d'adsorption.

Une fois tous les deux à quatre mois, le charbon sera régénéré dans un four vertical ou rotatif. La régénération du charbon se fera à raison de 20 kg de charbon par heure.



#### 7.4 Installation de récupération et équipement

Le flowsheet de l'installation de récupération est présenté sur le plan N° 801-31-180 UA. L'équipement du procédé de récupération consistera en une colonne d'adsorption à tour verticale (expédiée séparément par voie maritime); une section de lavage par acide, installée dans un conteneur maritime de 12 m; un conteneur maritime de 6 mètres comportant des réservoirs puisard et stockage ainsi que des cribles; un four de fusion et divers équipements expédiés dans un conteneur maritime séparé de 6 mètres.

L'équipement pour le procédé comprendra les postes suivants:

- une tour d'adsorption de 5 étages
- des pompes pour le transport dans les différents bassins: à solution pauvre en Au, bassin intermédiaire, à solution riche en Au et à eau de lavage, ainsi que les dispositifs de contrôle (les pompes seront placées sur le bord des bassins)
- instrumentation et systèmes d'échantillonnage
- système de réextraction sous pression comprenant deux réservoirs de charbon, des chauffages électriques connectés en série, des échangeurs de chaleur, valves anti-retour, réservoir de stockage de solution de réextraction, alimentation en énergie électrique et cellule électrolytique
- système de lavage à l'acide, four de régénération du charbon et équipement de transfert du charbon
- aire d'affinage clôturée incluant les constructions pour le stockage de fondant, table de mélange des fondants, four basculant, creusets, moules, équipement pour scories, lavabos et approvisionnement en eau.





**Coût d'investissement de l'installation ADR**

	US-DOLLARS
Prix estimatif de l'installation de récupération de 48 m <sup>3</sup> par heure, installée dans 2 conteneurs maritimes avec une tour d'adsorption extérieure de 5 étages, 4 pompes de procédé et l'instrumentation des systèmes	350.000,00
coût supplémentaire pour les constructions de réextraction sous pression et régénération du charbon	110.000,00
aire d'affinage clôturée et équipement, équipement de procédé pour fondant et scorie, lavabo et approvisionnement en eau	35.000,00
	-----
totalité de l'équipement	495.000,00
cinq tonnes de charbon; plus pièces de rechange correspondant à 20 % de la totalité de l'équipement	135.000,00
Implantation sur le chantier de l'installation ADR et constructions annexes	75.000,00
transport maritime: quatre conteneurs de 40 m <sup>3</sup> pour l'installation ADR, équipement d'affinage et pièces de rechange; plus 65 m <sup>3</sup> pour la tour d'adsorption, four de régénération et cinq tonnes de charbon	75.000,00
	-----
Coût total estimatif de l'installation ADR et annexes	780.000,00



## 7.5 Tuyauterie et arroseurs du tas

A un moment donné pendant le cycle de lixiviation, les deux tas de 77.400 tonnes de minerai chacun seront arrosés de solution ou d'eau de lavage à raison de 10 l par mètre carré et par heure, soit 48 mètres cubes par heure et par tas.

Le dimensionnement prévu englobe également l'arrosage d'un troisième tas dans une troisième phase de lixiviation ou d'un cycle de lavage; l'équipement et les fournitures pour ce troisième cycle seront également inclus dans le coût.

Le système de distribution de la solution pour les deux cycles de lixiviation et un cycle de lavage demande 720 mètres de tuyauterie principale pour la solution et 1300 mètres de tuyauterie secondaire. Les tuyauteries sont exécutées en PVC, les principales ont un diamètre de 150 mm, les secondaires de 100 mm; les dimensions de ces tuyaux conviennent au débit prévu de 800 litres par minute.

Au total, 95 arroseurs par module de tas de 77.400 tonnes seront placés à intervalles réguliers sur des gabarits de 6 à 9 mètres, tout le long des conduites de distribution. Chaque arroseur débitera environ 9,0 litres de solution par minute. Les arroseurs seront disposés de façon à ce que toute la surface soit arrosée, avec chevauchement des sections limitrophes.

Si le HDPE (polyéthylène haute densité) est ce qu'il y a de meilleur au point de vue matériel pour les climats chauds et ensoleillés, le PVC (chlorure de polyvinyl) lui fut pourtant préféré à cause de son installation qui est plus facile. En effet, une installation de PVC demande un outillage simple et les raccords se font à la colle alors que le HDPE exige un outillage spécialisé et des techniques de soudage thermique.



Coût d'investissement du système de tuyauterie du tas

	US-DOLLARS
tuyaux principaux pour solution PVC, 150 mm Ø, 720m	18.000,00
tuyaux secondaires pour solution PVC, 100 mm Ø, 1.300 m	18.000,00
conduites de distribution solution PVC, 50 mm Ø, 2.400 m	28.000,00
300 arroseurs	5.000,00
valves de 100 et 50 mm 70 pièces	9.000,00
raccords à vis tuyauterie dimensions et types divers 3000 pièces	12.000,00
fret/assurance, coût estimatif	20.000,00
	-----
Coût total du système de tuyauterie pour la première année	110.000,00

La tuyauterie de tas pour la seconde année d'exploitation comprend un remplacement à 50 % des tuyaux et des arroseurs. Ces fournitures sont indiquées comme coût d'exploitation et sont présentées séparément au pt. 11.7.



8 Procédés d'échantillonnage et matériel de laboratoire requis

8.1 Méthodes de contrôle

Le contrôle du procédé de lixiviation englobera plusieurs fonctions:

- a) échantillonnage adéquat, pesage et analyse d'échantillons solides (minerai) pour déterminer les tonnages et la teneur en or du tas.
- b) mesure du flux et analyses de l'or, de l'argent et du cuivre des solutions du procédé pour déterminer les récupérations métallurgiques
- c) mesure du cyanure et du pH des solutions du procédé
- d) analyses du charbon activé et des solutions de réextraction pour assurer un contrôle correct des opérations de l'installation de récupération

Le laboratoire requis à Akjoujt comprendra tout l'équipement de préparation pour sécher, mélanger, diviser et pulvériser les échantillons solides et un laboratoire de chimie par voie humide avec un spectro photomètre à absorption atomique.

Les analyses au feu du minerai et des échantillons de charbon seront requises périodiquement. Or, comme les résultats ne sont pas nécessités dans l'immédiat pour contrôler le procédé, il n'est donc pas utile d'installer un laboratoire sur le site uniquement à cet effet. Les échantillons seront expédiés à des laboratoires commerciaux ou gouvernementaux qui exécuteront ces analyses au feu (coupellation).

8.2 Conditions et matériel requis pour l'échantillonnage et les analyses

Echantillons de minerai  
-----

Des échantillons, consistant en 3 kg de minerai alimentés dans le tambour d'agglomération, seront prélevés par pelletées toutes les 30 minutes de la bande



du transporteur. Ces échantillons seront combinés toutes les deux heures. Chacun des composés obtenus sera pesé, séché, repesé, divisé, pulvérisé et analysé en vue de déterminer la teneur en or dissous dans le cyanure. Un total de 2 à 6 échantillons solides sera traité par jour. Il est possible d'arriver à un total de 10 par jour en augmentant le nombre de pelletées prélevées de la bande.

Une partie de chaque composé sera conservée pour les combiner ensuite en un échantillon modèle comportant des composés recueillis sur 2 jours, à envoyer au laboratoire pour les analyses au feu.

Une bascule automatique à bande placée à l'entrée ou à la sortie du tambour d'agglomération totalisera le tonnage débité. Si cette bascule se trouve à la sortie du tambour, des échantillons supplémentaires pourront être prélevés à ce point pour déterminer l'humidité de la matière.

#### Echantillons de solution

Ces échantillons seront prélevés toutes les quatre heures, 24 heures sur 24, en plusieurs points de l'installation, désignés ci-après:

- solution pauvre en Au à la pompe correspondante
- solution intermédiaire à la pompe correspondante
- solution riche en Au à la pompe correspondante
- sortie de chaque étage d'adsorption au charbon
- évacuation tas en cycle primaire
- évacuation tas en cycle secondaire
- évacuation tas en cycle de lavage
- solution réextraction entrant dans la cellule électrolytique
- solution réextraction sortant de la cellule électrolytique

Le total des échantillons de solution qui seront traités est de 54 par jour. Ils seront soumis à une analyse directe par absorption atomique pour l'or et le cuivre (et éventuellement pour d'autres métaux). Ils seront également analysés pour connaître la valeur du pH en utilisant un pH-mètre et le titrage en cyanure.



Les taux d'écoulement à partir des tas seront mesurés manuellement en utilisant les barrages ouverts. Les taux d'écoulement tant de la tour d'adsorption que de chaque cycle des tas (pauvre en Au et intermédiaire) seront mesurés par des débitmètres à enregistrement continu. Les flux à l'entrée et à la sortie de la cellule électrolytique seront échantillonnés et mesurés à l'aide d'échantillonneurs proportionnels automatiques (en alternative, l'échantillonnage et le taux d'écoulement pourront faire l'objet de lectures non automatiques).

#### Echantillons de charbon

-----

Un échantillonnage du charbon aura lieu chaque fois qu'il sera transféré dans ou hors des réservoirs de réextraction. Il sera également échantillonné à chaque phase d'adsorption à la fin de chaque mois pour avoir un contrôle par relevé mensuel. Dix des quinze échantillons de charbons seront traités par mois. Les échantillons seront expédiés dans un laboratoire pour les analyses au feu.

### 8.3 Equipement pour la préparation des échantillons et les analyses

Le laboratoire sera monté dans un conteneur maritime de 12 mètres.

Le conteneur prévu pour le stockage et la préparation des échantillons comprendra un système collecteur de poussières, un échantillonneur à fentes, un pulvérisateur et un compresseur. Le laboratoire pour analyse par voie humide comprendra un spectrophotomètre à absorption atomique, une hotte d'aspiration et un ventilateur, un secoueur, un pH-mètre, une centrifugeuse et les fournitures générales de laboratoire. Le conteneur sera équipé de refroidisseurs évaporateurs, d'armoires, de tables de travail, des installations électrique et de plomberie.

Le conteneur sera cloisonné en deux compartiments. L'un des ces compartiments sera utilisé pour la préparation des échantillons et l'autre pour la chimie par voie humide et les analyses.



Coût d'investissement du laboratoire sur site

	US-Dollars
Equipement et fournitures pour le laboratoire sur site	77.000,00
un conteneur maritime/installation	23.000,00
fret et assurance	20.000,00
	-----
Coût total du labo sur site	120.000,00



9

### Infrastructure et constructions auxiliaires

Un récapitulatif du coût estimatif pour l'infrastructure et les constructions auxiliaires est présenté ci-dessous; chaque catégorie est traitée ultérieurement:

Coût de l'investissement de l'infrastructure et des constructions auxiliaires

f = investissement étranger

l = investissement local

	US-DOLLARS
puissance requise * (f)	170.000,00
eau requise * (l)	330.000,00
roulottes de chantier pour personnel (f)	40.000,00
construction ou réfection des routes de transport/accès (l)	60.000,00
magasin/vestiaire	--
clôtures coupe-vent et de sécurité du chantier (l)	25.000,00
véhicules service et auxiliaires (f)	80.000,00
	-----
totalité de l'infrastructure	705.000,00
fret / assurance, coût estimatif	105.000,00
	-----
Coût total de l'infrastructure/ constructions auxiliaires	810.000,00

-----

\* conformément à l'information donnée par SAMIN, il faut compter 100.000 US \$ pour la réparation du pipe-line d'eau et 300.000 US \$ pour les moteurs Diesel. Ces montants sont inclus dans les prix.





Figure 21:  
Akjoujt, lixiviation en tas 1000 tonnes/jour  
Liste des moteurs avec puissance installée

Description Equipement	Puissance installée (kW)
<b>A. Convoyeurs transport prim.</b>	
(terrils - installation)	20
Tambour d'agglomération	45
Sauterelle radiale	40
Transporteurs reprise	
(tambour - tas)	100
Treuil	10
<b>B. Pompe dosage mouillant</b>	0,25
Pompe solution agglomér.	5,00
Poste alimentation aggl.	
NaCN avec agitateur	0,40
<b>C. Pompe solution interméd.</b>	12,00
Pompe solution pauvre Au	12,00
Pompe eau du procédé	12,00
Pompe solution riche Au	12,00
Pompe solution réextract.	0,75
<b>D. Chauffage solution réextraction,</b>	
échangeur de chaleur et contrôles	65,00
<b>E. Système lavage acide</b>	2,5
<b>F. Cellule électrolytique, puissance</b>	
requis hotte d'aspirat.+ ventilat.	
échantillonneur proport. & contrôles	7,5
<b>G. Four fusion et ventilateur</b>	3,0
<b>H. Four régénération, chauffe gaz</b>	2,5
Agitateur réservoir extinction	0,4
Système transfert charbon + pompe	4,0
Crible essorage charbon	0,5
Système fines charbon	1,5
<b>I. Eclairage, électricité en général</b>	
et refroidisseurs évaporateurs	7,0
<b>J. Laboratoire complet</b>	15,0
<b>K. Bureaux</b>	5,0
	-----
<b>T O T A L</b>	<b>383,30</b>



## 9.1 Consommation en électricité

La Fig. 21 est une liste de moteurs et autre équipement consommateur de courant. La puissance installée est de 383 kW au total. L'équipement de la Fig. 21 est divisé en plusieurs groupes, désignés de A à K. L'évaluation de la puissance absorbée par chacun des groupes, basée sur un poste de traitement de minerai et une lixiviation du tas de 24 heures, est indiquée ci-après:

### Groupes A et B

-----

L'équipement du groupe A comporte les transporteurs et le tambour d'agglomération. Ce système travaillera à raison de 7 heures par jour. Le tambour, la saute-elle et l'équipement occasionnel (groupe B) consommeront environ 70 % de leur puissance installée. Il en sera de même pour les transporteurs. La consommation annuelle en énergie électrique pour l'équipement des groupes A + B est de 309.650 kWh (1,0 kWh par tonne) au total.

### Groupes C, I, J, K

-----

Ces groupes travailleront 24 heures sur 24 et consommeront environ 70 % de leur puissance installée. La consommation annuelle en énergie électrique de ces groupes sera de 445.410 kWh (1,44 kWh par tonne) au total.

### Groupes D à H

-----

Dans ces groupes, l'équipement travaillera par intermittence avec une consommation en énergie électrique moyenne estimée à 10 % de leur puissance installée (sur une base de 14 heures). La consommation annuelle en énergie électrique de ces groupes sera au total de 51.097 kWh (0,16 kWh par tonne).

La consommation totale en énergie électrique sera donc de l'ordre de 2,6 kWh par tonne de minerai traité.

L'énergie électrique requise pour toutes les activités de ce projet sera fournie par la centrale électri-



que existante. Le coût de l'installation électrique pour les différents postes est inclus dans le coût de l'équipement. L'énergie supplémentaire pour "l'infrastructure" comprend environ 100 mètres de ligne de courant jusqu'au site de lixiviation et un tableau de distribution principale. Le coût de ces équipements (fret et assurance compris) est estimé à US \$ 75.000. Conformément à l'information donnée par SAMIN, le coût supplémentaire des pièces de rechange pour moteurs Diesel s'élève à US \$ 300.000.

#### 9.2 Consommation en eau

Comme traité au Pt. 6, la consommation totale en eau est estimée à 25.100 m<sup>3</sup> par mois. L'eau requise pour toutes les activités de ce projet sera fournie par le système d'approvisionnement en eau existant.

Les équipements complémentaires pour l'approvisionnement en eau comprendront 200 mètres de pipe-line en acier de 150 mm Ø, un réservoir de 20 m<sup>3</sup> d'eau potable et un système de pompe pour l'eau ménagère. Le coût de ces équipements complémentaires installés (assurance et fret compris) est estimé à US \$ 35.000.

Le coût supplémentaire pour la remise en état du pipe-line s'élève US \$ 100.000,00 (information donnée par SAMIN).

#### 9.3 Roulottes de chantier pour le personnel

Cet équipement consistera en deux roulottes de chantier de 6 mètres avec installation électrique, air conditionné, meubles et communication. Le coût de cet équipement (assurance et fret compris) est estimé à US \$ 60.000,00.

#### 9.4 Construction ou réfection des routes de transport et d'accès

Un tronçon d'environ deux kilomètres de route demande réfection. L'exécution de ces travaux nécessitera environ 4.000 m<sup>3</sup> de graviers ainsi que des engins de terrassement tels que bulldozer, niveleuse, camion-citerne pour l'eau pendant une durée évaluée à trois semaines et l'intervention d'un superviseur. Le coût total de ces travaux est estimé à US \$ 60.000,00.



**9.5 Magasin / Vestiaire**

Nous présumons que l'équipement nécessaire pour les magasin et vestiaire peut être obtenu sans problème sur les lieux du projet. Dans le cas contraire, ils seront aménagés dans trois ou quatre roulottes de chantier de 6 mètres. Les roulottes seront pourvues d'une installation électrique simple, d'un équipement de ventilation et de stockage. Le coût de cet aménagement n'est pas compris dans le coût estimatif indiqué.

**9.6 Clôtures coupe-vent et de sécurité**

Environ 1000 mètres de clôture de quatre rangées de fil de fer barbelé seront installés tout autour du chantier, la première année. En outre, une clôture en roseau, destinée à couper le vent et à retenir le sable, sera placée sur le côté exposé du site. L'entourage des aires de l'installation de traitement et des bassins à solution demandera environ 200 mètres de clôture en treillage métallique de 2 mètres de haut. Le coût total des clôtures posées (assurance et fret compris) sera de l'ordre de JS \$ 30.000,00.

**9.7 Véhicules de service et auxiliaires**

Deux camions benne et un chariot élévateur multi-usage seront requis dans le cadre du projet. Le coût de livraison de ces véhicules (assurance et fret compris) est estimé à US \$ 90.000,00.



10            **Personnel**

10.1          **Employés de bureau et main-d'oeuvre**

L'ensemble du personnel, bureau et main d'oeuvre, suggéré pour le projet de lixiviation en tas d'Akjoujt est précisé ci-après.

- 1    **Directeur Général d'exploitation**  
ingénieur expérimenté, d'un certain âge, familiarisé avec les aspects techniques et commerciaux de la production. Ultime responsabilité pour toutes les phases de contrôle installation-mine, de la production d'or et de la sécurité.
  
- 1    **Chef métallurgiste / Ingénieur d'études**  
ingénieur d'un certain âge avec une connaissance de base de la lixiviation en tas et des phases opérationnelles concernant le charbon. Responsable des opérations quotidiennes, réajustement du procédé, supervision et formation des opérateurs, maintenance des équipements de l'installation et de lixiviation, tenue des livres en matière métallurgique et opération de fusion.
  
- 1    **Chimiste**  
chimiste diplômé, responsable du fonctionnement du laboratoire dans son ensemble et de la préparation des échantillons, y compris la maintenance des instruments / équipements, approvisionnement en fourniture, établissement de rapports et calcul des récapitulatifs métallurgiques ainsi que la supervision du personnel de laboratoire.
  
- 1    **Comptable**  
comptable bilingue, familiarisé avec la comptabilité générale et la tenue des livres, calcul des salaires, achats.
  
- 1    **Secrétaire bilingue**



## 10.2 Personnel de service expérimenté

- 4 Opérateurs pour l'installation ADR  
Personnes familiarisées avec les procédés industriels en général. Ces opérateurs seront formés pour travailler dans l'installation ADR. Leurs tâches spécifiques incluront l'échantillonnage des solutions, le transfert du charbon, la réextraction, le lavage à l'acide et l'établissement de rapports.
- 2 Laborantins  
Personnes familiarisées avec les procédés industriels en général. Ces laborantins seront formés pour assister le chimiste. Leurs tâches spécifiques comprendront la préparation des échantillons de solution et de solide et la tenue du journal de laboratoire avec les données concernant les échantillons et les analyses.
- 3 Opérateurs agglomération / mise en tas  
personnes familiarisées avec les procédés industriels en général. Ces opérateurs seront formés pour travailler avec l'équipement d'agglomération et de mise en tas. Leurs tâches spécifiques comprendront la maintenance journalière de l'équipement, les procédures de démarrage et d'arrêt, les additions de réactifs et l'échantillonnage de la matière alimentée.
- 6 Opérateurs pour l'équipement  
opérateurs expérimentés, familiarisés avec la maintenance quotidienne de l'équipement. Ces opérateurs seront responsables du service journalier et du fonctionnement des engins lourds (camions, bulldozer et chargeur).

## 10.3 Personnel de service

- 5 Opérateurs pour les tas  
Ces personnes seront formées pour contrôler et maintenir les systèmes du tas. Leurs tâches spécifiques incluront les installations tuyauterie et arroseurs, l'échantillonnage de la solution du tas et travaux divers.



10.4 Programme de formation concernant la lixiviation en tas

KHD recommande vivement la prestation d'un programme de formation technique - lixiviation en tas - de quatre semaines pour 4 personnes prises parmi le personnel de service expérimenté.

Un tel programme est prévu pour former une équipe de 4 membres, capable ensuite de diriger et faire fonctionner une exploitation typique de 1.000 tonnes par jour de lixiviation en tas. Les éléments clé de ce programme et les coûts correspondants sont les suivants:

- quatre jours de cours de technologie en matière de lixiviation en tas, traitant les opérations typiques
- plusieurs visites de deux ou trois jours de différentes exploitations minières /lixiviation en tas, en fonctionnement
- cours pratique pour la manipulation du matériel, la maintenance des toiles de lixiviation et des tas, les opérations de l'installation de récupération, le contrôle de l'installation et du laboratoire et les systèmes d'affinage.

	US-DOLLARS
Coût journalier, logis et table	12.000,00
Transport (4 personnes)	22.000,00
Cours d'ingénierie donné par un ingénieur expérimenté, mis à disposition à plein temps pour un séminaire de quatre jours	3.000,00
Frais afférents aux visites	4.000,00
	-----
Coût total du programme de formation technique	50.000,00



11 Coûts de production

Les coûts de production, développés ci-dessous, sont basés sur un taux de production de 310.000 tonnes par an.

11.1 Main d'oeuvre qualifiée, opérateurs de service, administration

f - étranger  
l - local  
a - administration  
d - main d'oeuvre directe

	US-Dollars/mois
directeur de projet (f, a)	7.500
ingénieur de projet (f, d)	6.500
mécanicien de maintenance (l, d)	6.500
chimiste (l, a)	2.000
comptable (l, a)	1.000
secrétaire	1.000
main d'oeuvre production (l, d) US \$ 16,00 / poste de 8 h	8.000
Coût total main d'oeuvre/labo	32.500
	soit 1,26 par tonne
frais généraux administration (10%)	3.250





11.2 Préparation des terrils par pulvériseur  
à disque et transport au site de lixiviation

Le coût des opérateurs pour l'équipement est inclus dans le Pt. 11.1. Les coûts d'exploitation, mentionnés ci-après, sont pour les véhicules appartenant à la compagnie et comprennent les frais de maintenance, pneus, gas-oil et réparations.

	US-Dollars/mois
camions de transport ( 3 ) 15,25 US \$ par heure et camion 130 h/mois	5.950,00
chargeur 20,35 US \$ par heure 130 h/mois	2.645,00
bulldozer 20,15 US \$ par heure 180 h/mois	3.625,00
pulvériseur à disque (type agricole) 7,40 US-\$/h 50 h/mois	370,00 -----
Coût total transport/pulvériseur	12.590,00
	soit 0,49 par tonne

11.3 Agglomération et mise en tas

La main d'oeuvre et le coût de l'énergie pour faire fonctionner le tambour d'agglomération et l'équipement de mise en tas sont inclus dans les Pts. 11.1 et 11.5.

Les coûts indiqués ci-après, sont pour la maintenance de l'équipement et le fonctionnement du chargeur. Le coût de la maintenance est basé sur 8 % du coût d'investissement.



alimentateur à courroie	32.000,00
tambour d'agglomération	178.000,00
transporteurs	373.000,00
sauterelle radiale	55.000,00
	-----
Coût total investissement	638.000,00

	US-Dollars / an
coût d'exploitation 8 %	51.000,00
plus chargeur	
13,50 h = 2460 h/mois	33.200,00
	-----
Coût total agglomération et mise en tas	84.200,00
	soit 0,27 par tonne

11.4 Réactifs de lixiviation

Les coûts de personnel et d'énergie pour faire fonctionner les systèmes d'adduction de réactifs sont inclus dans les Pts. 11.1. et 11.5. Les coûts, précisés ci-après, comprennent le taux de consommation de réactifs, basé sur le test en laboratoire, multiplié par le coût estimatif de chaque consommable fourni.

	US-Dollars/tonne
cyanure de sodium	
2,0 kg/t	
US-\$ 1,50/kg	3,00
ciment (Portland)	
10,0 kg/t	
US-\$ 0,13/kg	1,30
agent mouillant Nalco	
0,04 kg/t	
US-\$ 5,00/kg	0,20
	-----
Coût total des réactifs de lixiviation	4,50

1.395.000,00 par an



11.5 Utilités pour la lixiviation:  
électricité et eau

L'électricité et l'eau nécessaires à ce projet, sont traitées aux Pts. 9.1 et 9.2. Les coûts, mentionnés ci-dessous, sont calculés sur des prix supposés pour l'énergie à US \$ 0,10 kWh et pour l'eau à 0,07 par mètre cube.

	US-DOLLARS/tonne
Puissance électrique 2,60 kWh par tonne US \$ 0,10/kWh	0,26
Eau potable un mètre cube par tonne US \$ 0,07 / m <sup>3</sup>	0,07
	-----
Coût total pour les utilités de lixiviation	0,33

soit 102.300,00 par année

11.6 Toiles en plastique et bassins pour la  
lixiviation

Le coût de l'investissement pour le toilage plastique de lixiviation de la première année, base de drainage et fossé de solution s'élève à US \$ 375.000,00. Ce coût est précisé au pt. 5.6. Il faudra ajouter 45.000 mètres carrés de toile plastique pour les années suivantes dont l'investissement est estimé à la somme de US \$ 265.000,00 par an (ou US \$ 5,89 par m<sup>2</sup>). Il ne sera pas utile d'ajouter d'autres bassins.

	US-Dollars
45.000 mètres carrés US \$ 5,88/m <sup>2</sup>	265.000,00 par année 0,85 par tonne



11.7           Système de tuyauterie pour le tas

Le coût d'investissement pour la tuyauterie des tas et les arroseurs de la première année s'élève à la somme de US \$ 110.000,00. Cet investissement est précisé au Pt. 7.5. Le coût de la tuyauterie pour l'exploitation de la seconde année comprend le remplacement de 60 % de tous les tuyaux, valves et arroseurs.

	US-Dollars / an
60 pour cent de US \$ 110.000,00	66.000,00 par an 0,18 /tonne

11.8           Laboratoire et systèmes d'analyse  
(assignés aux frais généraux de l'usine)

Le coût d'exploitation du laboratoire et du système d'analyse pour contrôler la matière alimentée et le fonctionnement de l'installation sont indiqués ci-après. Les coûts du laboratoire et des utilités sont inclus dans les Pts. 11.1 et 11.5

	US-Dollars / an
préparation/analyse échantillons solide 20 par jour US \$ 2,50 par échantillon	15.600,00
préparation/analyse échantillons solution 40 par jour US \$ 2,00 par échantillon	25.000,00
analyse au feu (à l'extérieur) 5 par jour US \$ 10,00 par échantillon	15.600,00 -----
Coût total système analyse / laboratoire	56.200,00
soit	0,18 /tonne



11.9            Fonctionnement des systèmes ADR  
Récupération Adsorption-Désorption

Au cours d'une année d'exploitation, l'or récupéré à partir de 310.000 tonnes de minerai (capacité prévue) sera de l'ordre de 800 kg. Si l'on considère que le charbon est chargé en moyenne de 10,0 kg de métal par tonne, 80 tonnes de charbon seront soumises à la ré-extraction pendant une année d'exploitation. La quantité de charbon traitée pendant chaque cycle de ré-extraction sera de l'ordre d'une tonne.

La composition des lingots d'or brut (bullion) est encore inconnue. Suivant le taux de la charge d'or du charbon, on peut s'attendre à ce que le lingot de l'électrolyse ait une teneur en or variant de 10 à 50 %. En vue de garantir la teneur en cuivre du lingot, un équipement de semi-production devrait être mis en service sur le site pour une période d'au moins trois mois, pour traiter cent tonnes de terrils par jour. Cependant, le coût occasionné par ces tests serait largement dépassé par les frais potentiels résultant de la teneur en or basse ou variable des lingots pendant la production.

KHD a un écrit d'une des plus grandes raffineries allemandes, dans lequel est précisé que le coût d'affinage d'un lingot (bullion) comportant 50 % d'or serait de l'ordre de DM 60,00 par kg de lingot et de DM 30,00 par kg de lingot n'ayant que 10 % d'or. Les coûts effectifs par kg d'or sont donc de DM 120,00 (env. US \$ 65) et de DM 300,00 (env. US \$ 162), un très petit montant en relation avec la valeur de l'or.

Les raffineries typiques de l'Amérique ne comptent aucune pénalité lorsque le lingot d'or brut (bullion) comporte du cuivre puisque le cuivre est souvent ajouté au lingot en vue de l'affiner.

Les coûts de l'installation ADR sont indiqués ci-après et comprennent les fournitures consommables et la maintenance générale (coût du laboratoire et courant de service sont inclus dans les Pts. 11.1 et 11.5). Le prix d'achat du charbon, y compris plusieurs années de renouvellement, est inclus dans le coût d'investissement pour l'installation ADR, Pt. 7.4



Maintenance de l'installation:  
10 % du coût d'investissement  
de l'installation

US \$ 43.000,00 par année  
0,14 par tonne

Matériel / Produits chimiques pour la réextraction  
(80 opérations de réextraction par an):

	US-Dollars / an
hydroxyde de sodium 25 kg/opération US \$ 1,5/kg	3.000,00
carbonate de sodium 25 kg/opération US \$ 1,0/kg	2.000,00
acide chlorhydrique dilué 200 l/opération US \$ 0,75/litre	12.000,00
cathodes US \$ 40,00/opération	3.200,00
gas-oil (régénération charbon) 60.000 litres US \$ 0,40/litre	24.000,00 -----
Coût total matériel/pr. chimiques	44.200,00
	soit 0,14 /tonne



**Fournitures pour l'opération de fusion:**

	US-Dollars / an
fondants 1.000 kg US \$ 1,00/kg	1.000,00
creusets - 12 - US \$ 500,00/creuset	6.000,00
gas-oil (four) 12.000 litres US \$ 0,40/litre	4.800,00 -----
<b>Coût total des fournitures fusion</b>	<b>11.800,00</b>
	soit 0,04 /tonne

**Total de la maintenance ADR et consommables  
(Pt. 11.9):**

	US-Dollars / an
maintenance de l'installation	43.000,00
matériel et pr. chimiques réextract.	44.200,00
fournitures fusion	11.800,00 -----
<b>Coût total de la maintenance ADR et consommables</b>	<b>99.000,00</b>
	soit 0,32 /tonne



**11.10 Salaires et assurances afférents à l'affinage de l'or**

Les dépenses pour les ventes annuelles d'or comprennent les charges d'affinerie pour l'affinage secondaire et les frais d'assurance pour le transport des lingots jusqu'à l'affinerie. Le coût s'élèvera approximativement à US \$ 180.0000,00 par an.

**11.11 Frais généraux et administratifs**

Les frais généraux et administratifs comprennent les postes tels que les taxes sur la propriété et l'équipement, frais des véhicules, versements aux oeuvres de bienfaisance locales, frais de bureau et communication, droits légaux et comptables, conseil technique extérieur et assurance.

	US-Dollars/mois
fournitures bureau	1.000,00
communication	5.000,00
assurance responsabilité civile et taxes sur la propriété	9.000,00
véhicules de la compagnie	2.000,00
services juridiques et comptables	5.000,00
conseil technique extérieur	4.000,00
	-----
<b>Total estimatif des frais généraux et administratifs</b>	<b>26.000,00</b>
soit	1,00 /tonne





12

### Evaluation financière et économique

L'évaluation financière du projet a été réalisée en coopération avec le Service de Promotion des Investissements ONUDI, Cologne. Le calcul total du "cas de base" et l'analyse de sensibilité sont présentés au Pt. 13.

Le calcul de base repose sur les suppositions suivantes:

- 1 année de construction
- 10 ans de production
- démarrage de la construction en 1988
- tous les coûts et prix exprimés en 1.000 US \$
- 1 produit: lingot d'or brut (bullion)
- taux d'actualisation de la valeur actuelle nette : 15 %
- capital social de US \$ 1.733.100,00 déboursé en 1988
- pas d'emprunt étranger
- emprunt local US \$ 4.043.900,00 déboursé en 1988, taux d'intérêt 12 %, remboursement débutant avec la première année de production, en versements constants
- prix de l'or US \$ 420 par once, correspondant à environ US \$ 13.500 par kg (prix du 20 Janvier 1987, jour du calcul).



## 12.1 Coûts des investissements

Tous les coûts d'investissement ont été précisés dans les Pts. précédents. Cependant, il est nécessaire, pour le calcul de la rentabilité, de diviser les coûts d'investissement en monnaie locale et étrangère.

Tous les prix mentionnés ci-dessous, se rapportent à l'équipement installé, fret et assurance compris.

COUT D'INVESTISSEMENT EN MONNAIE ETRANGERE			
Récapitulatif			
N°	Elément du projet Désignation	COMFAR ligne	Investissement US \$
1	<u>structures &amp; génie civil</u> puissance requise	3	194.000,00
2	<u>transport actifs fixes inc.</u> transpt./émottage terrils	5	1.240.000,00
3	<u>technologie act. fixes inc.</u> agglomération/mise en tas toilage plastique lixiv. bassins stockage solution système inst. ADR système tuyauterie laboratoire sur site	6	3.222.000,00
4	<u>autres actifs fixes incorp.</u> Ingénierie, approvisionnt., direction construction	7	350.000,00
5	<u>équip. &amp; mach. installés -a</u> véhicules service & auxil.	8	97.000,00
6	<u>équip. &amp; mach. installés -b</u> invest.initial pièces rech.	9	105.000.00
7	<u>dépenses pré-production</u> programme formation techn.	11	50.000,00
	T O T A L		5.258.000,00



L'estimation des coûts d'investissement en monnaie locale a été réalisée en supposant qu'il ne sera pas nécessaire d'acheter du terrain.

<b>COUT D'INVESTISSEMENT EN MONNAIE ETRANGERE</b>			
<b>Récapitulatif</b>			
<b>N°</b>	<b>Elément du projet Désignation</b>	<b>COMFAR ligne</b>	<b>Investissement US \$</b>
1	<u>préparation du site et développement</u> construction ou réfection des routes transport/accès	14	65.000,00
2	<u>structures &amp; génie civil</u> eau requise roulotte de chantier pers. clôture coupe-vent & sécur.	15	454.000,00
	<b>T O T A L</b>		<b>519.000,00</b>



12.2 Réinvestissements

Compte tenu de la période de production de 10 ans après laquelle les terrils TORCO seront en principe épuisés, l'amortissement est, en général, supposé être de 10 ans.

Par contre, les véhicules de service et auxiliaires ainsi que l'équipement mobile pour le transport et l'émottage des terrils sont amortis en cinq ans, d'où le réinvestissement uniquement pour ces postes.

REINVESTISSEMENT APRES 5 ANS DE PRODUCTION en 1993			
Récapitulatif			
N°	Elément du projet Désignation	COMFAR ligne	Investissement US \$
1	<u>transport actifs fixes inc.</u> <u>transpt./émottage terrils</u>	29	1.240.000,00
2	<u>équip. &amp; mach. inst. - a</u> <u>véhicules service &amp; auxil.</u>	32	97.000,00
	T O T A L		1.337.000,00



### 12.3 Coûts de production

Les coûts de production sont basés sur les suppositions suivantes, adoptées au cours de la réunion économique tripartite.

L'installation sera dimensionnée pour une capacité de 310.000 tonnes par an de terrils. Compte tenu des difficultés de démarrage et des difficultés logistiques, auxquelles il faut s'attendre de par la situation éloignée de l'installation, il est improbable que cette capacité soit réalisée. Par conséquent, on suppose qu'au cours de la première année, la quantité de terrils traitée ne sera que de 198,400 tonnes/an (64 % de la capacité prévue) et que la production d'or sera de 506 kg. Cette production d'or est basée sur un taux théorique de 3 grammes d'or par tonne et d'une récupération supposée à 85 %.

A partir de la seconde année, l'installation traitera 248.000 tonnes par an et produira 632 kg d'or chaque année (80 % de la capacité prévue).

Sur les pages suivantes, les coûts de production sont également divisés en monnaie locale et étrangère.



COUTS DE PRODUCTION EN MONNAIE ETRANGERE			
Récapitulatif			
N°	Elément du projet Designation	COMFAR ligne	Coût production US \$ par an
1	<u>matières premières, - b</u> réactifs solution lixiviat. -cyanure sodium -ciment -agent mouillant Nalco  toiles et bassins lixiviat.  fourn. & pr. chimiques réextraction  fournitures fusion variable 80 %	66	1.716.000,00
2	<u>main d'oeuvre directe</u> Ingénieur de projet variable 0 %	70	78.000,00
3	<u>coûts de maintenance</u> système tuyauterie variable 0 %	71	66.000,00
4	<u>frais généraux usine</u> analyse au feu (à l'extér.) variable 0 %	73	15.600,00
5	<u>administration, directe</u> directeur de projet variable 0 %	74	90.000,00
6	<u>administration, indirecte</u> conseil techn. extérieur variable 0 %	75	48.000,00
7	<u>marketing, indirecte</u> charges affinage or variable 100 %	77	90.000,00
	T O T A L		2.103.600,00



COUTS DE PRODUCTION EN MONNAIE LOCALE			
Récapitulatif			
N°	Elément du projet Désignation	COMFAR ligne	Coût production US \$ par an
1	<u>utilités</u> puissance et eau variable 20 %	98	102.300,00
2	<u>énergie</u> gas-oil est inclus dans les frais de maintenance véhic.	99	
3	<u>main d'oeuvre directe</u> maintenance mécanique labo d'exploitation variable 80 %	100	174.000,00
4	<u>maintenance</u> transport & émottage terrils agglomération & mise en tas A D R variable 20 %	101	278.280,00
5	<u>frais généraux usine</u> préparation échantillons solide, analyse analyse échant. solution frais généraux adminis. pr. totalité personnel variable 80 %	103	79.600,00
6	<u>administration, directe</u> chimiste secrétaire comptable variable 0 %	104	48.000,00
7	<u>administration, indirecte</u> communication, assurance responsab. civile et taxe/ propriété, véhicules compa- gnie, service jurid.&compta. variable 0 %	105	264.000,00
8	<u>marketing, indirecte</u> charges assur. transport lingots affinerie étrangère variable 100 %	107	90.000,00
	<b>T O T A L</b>		<b>1.036.180,00</b>



**12.4 Fonds de roulement**

Le fonds de roulement net s'élève à US \$ 1.254.310 et est basé sur les suppositions suivantes:

- comptes débiteurs  
30 jours au coût de production moins l'amortissement et les intérêts
- stocks  
toutes les matières premières (autres que les terrils TORCO) seront stockées pour 90 jours
- travaux en cours  
la durée de la lixiviation des tas est de 90 jours
- produit fini (lingots d'or brut -bullion)  
les lingots ne restent que trois jours dans l'installation; ils sont vendus ensuite.
- en caisse  
30 jours
- comptes créditeurs  
30 jours pour les matières premières et utilités.

**12.5 Source de financement**

Au cours de la réunion économique tripartite, il fut convenu que le projet ne devrait être financé que par emprunt local. Cet emprunt, dont le taux d'intérêt sera de 12 %, devra être remboursé au cours des 10 ans de production.

Le capital social s'élève à 30 %.

**12.6 Impôt sur les bénéfices des sociétés**

L'impôt fut calculé selon l'accord existant entre le Gouvernement Mauritanien et la compagnie SAMIN.

Les taxes à payer sur les bénéfices imposables s'élèvent à:

- 10 % au cours des 5 premières années de production
- 30 % à compter de la 6e année et toutes les années suivantes de production





## 12.7 Evaluation financière

L'investissement initial pendant la phase de construction s'élève au total à US \$ 6.262.270,00.

Ce montant comprend le montant des intérêts sur 12 mois, soit US \$ 485.270,00, pour un emprunt local de US \$ 4.043.900,00 et US \$ 50.000,00 pour un programme de formation.

Le remplacement de tout l'équipement mobile arrive à échéance en 1993, son prix est de US \$ 1.337.000,00.

Le recouvrement du fonds de roulement s'élevant à US \$ 1.254.310,00 aura lieu en 1999, à la fin de l'exploitation.

Le coût total de production est, pour la première année de production, de l'ordre de US \$ 4.000.000,00 et reste à peu près constant pour les années suivantes.

A partir de la seconde année de production, le coût de production spécifique pour le lingot d'or brut (bullion) s'élève à US \$ 6.760 par kg ou 50 % de la valeur des ventes.

Les coûts de production les plus importants concernent les autres matières premières requises pour le procédé de lixiviation, comme par exemple,

- réactifs pour la solution de lixiviation
- les toiles plastiques et les bassins de lixiviation
- fournitures et produits chimiques pour la réextraction
- fournitures pour la fusion.

Environ 65 % de la totalité des coûts de production, dont 42 % variables, sont en devise étrangère.

L'amortissement est de l'ordre de 16 % de la totalité des coûts de production.

Près de 50 % du fonds de roulement net est nécessaire pour pré-financer le procédé de production (avancement des travaux) qui dure environ 90 jours. Environ 36 % servent à financer les stocks nécessaires de réserve et de matières.



Il est supposé que US \$ 1.7333.100,00 du capital social et qu'un emprunt local de US \$ 4.043.900,00 seront disponibles en 1988, l'année de construction. 30 % du fonds total seront ainsi financés par le capital.

La période de recouvrement du projet est inférieure à deux ans et le taux de rentabilité interne s'élève à 66,52 % à un taux d'actualisation de 15 %.

L'état des recettes nettes présente un chiffre d'affaires annuel de US \$ 8.532.000,00 et à partir de la seconde année de production, un bénéfice net de l'ordre de US \$ 3.900.000,00.

A partir de la 6e année de production, le bénéfice net est de l'ordre de US \$ 3.200.000,00 à cause des impôts plus élevés.

Etant donné qu'aucune distribution de dividendes n'est prévue, les bénéfices accumulés non-distribués sont de l'ordre de US \$ 34.100.000,00 à la fin du projet.

Le seuil de rentabilité du projet se situe à 30 %, ce qui indique un faible risque économique.

## 12.8

### Analyse de sensibilité

Les principaux paramètres ayant une influence sur la rentabilité du projet sont les suivants:

- récupération de l'or
- prix de l'or
- consommation de produits chimiques.

Dans les analyses de sensibilité, les trois paramètres furent minutieusement examinés et les résultats obtenus sont montrés ci-après.

**A. Effet de la diminution de la récupération de l'or sur le taux de rentabilité interne (TRI)**

calcul	récupération %	prix or US \$/kg	T R I %
modèle de base	85,0	13.500	66,52
sensibilité 1	59,5	13.500	40,56

**B. Effet de la diminution du prix de l'or sur le taux de rentabilité interne (TRI)**

calcul	récupération %	prix or US \$/kg	T R I %
modèle de base	85,0	13.500	66,52
sensibilité 1	85,0	9.450	40,56

Comme on peut le voir à partir des analyses A et B, une chute du prix de l'or de 13.500 à 9.450 US \$/kg a le même effet qu'une baisse dans la récupération de 85,0 à 59,5.



L'analyse de sensibilité C réunit des suppositions très pessimistes comme

- baisse du prix de l'or
- récupération faible

C. Effet de la diminution du prix de l'or sur le taux de rentabilité interne (TRI) à faible récupération

calcul	récupération %	prix or US \$/kg	T R I %
sensibilité 1	59,5	13.500	40,56
sensibilité 2	59,5	10.800	23,48
sensibilité 3	59,5	9.450	14,38

Etant donné que la consommation des produits chimiques est un facteur important dans la production d'or, ce paramètre fut vérifié dans une large mesure.

D. Effet de l'augmentation en consommation de réactifs pour la solution de lixiviation et autres fournitures (cons. pr.chim.) sur le taux de rentabilité interne (TRI)

calcul	récupération %	prix or US \$/kg	cons. pr.chim. projet.= 100%	T R I %
base	85,0	13.500	100	66,52
sensib. 4	85,0	13.500	110	63,71
sensib. 5	85,0	13.500	130	58,15
sensib. 6	85,0	13.500	150	52,66
sensib. 7	85,0	13.500	200	39,25



L'analyse de sensibilité A montre que le risque du projet est très faible. Même une diminution de 30 % sur le prix actuel de l'or ne réduirait le taux de rentabilité interne que de 66 à 40 %. Ce pourcentage reste toujours extrêmement bon, comparé à l'investissement.

Quant à l'analyse de sensibilité B, elle démontre que le projet continue à être rentable même avec un très mauvais taux de récupération, situé aux environs de 60 %.

La combinaison de circonstances les plus mauvaises, c'est-à-dire faible récupération et bas prix de l'or, est présentée dans l'analyse C. Comme on peut le voir, la combinaison très improbable d'un prix de l'or à 10.800 US \$/kg ou 335 US \$ par once et une mauvaise récupération de 60 %, permet encore d'arriver à un taux de rentabilité interne de 23 %, taux tout à fait acceptable. Seule la combinaison de conditions absolument irréalistes aboutit à un T I R de 14 %.

L'analyse de sensibilité D montre que le T I R reste à 39 %, pourcentage très élevé, même si la consommation en produits chimiques atteignait la valeur de 200 % de la consommation projetée.

Compte tenu du faible risque encouru et des résultats économiques prometteurs, le projet pourrait être entrepris dans l'immédiat.



**13      Calcul de la Rentabilité COMFAR**



**TORCO TAILINGS - GOLD EXTRACTION**

26.01.1987

basic version

années de construction, 1 années de production

taux de conversion:

monnaie étranger 1 = 1.0000 monnaie comptable

monnaie local 1 = 1.0000 monnaie comptable

monnaie comptable: US \$ 1000

**Investissement initial total en cours de construction**

actifs fixes:	6262.27	83.963 % étranger
actif courant:	0.00	0.000 % étranger
actif total:	6262.27	83.963 % étranger

**Source de financement en cours de construction**

Actions, subv. :	1733.10	0.000 % étranger
prêts(étranger):	0.00	
prêts(national):	4043.90	
prêts (total):	5777.00	0.000 % étranger

**Cashflow, production**

Année:	1	2	3
coûts, fabrication:	2784.10	3139.78	3139.78
amortissement :	695.90	695.90	695.90
interets :	485.27	436.74	388.21
coûts, production :	3965.27	4272.42	4233.89
% étrangère	61.94 %	64.31 %	65.05 %
ventes :	6831.00	8532.00	8532.00
bénéfice brut :	2865.73	4259.58	4306.11
bénéfice net :	2579.16	3833.62	3877.29
solde de trésorerie :	1774.91	3966.38	4166.90
cashflow net :	2664.58	4807.71	4961.41

valeur actualisée nette : 15.00 % = 15072.96

taux de rentabilité int.: 66.52 %

rentabilité de prêts 1 : 175.30 %

rentabilité de prêts 2 : 152.85 %

**Pièces produced by COMFAR**

Investissement initial total	Cashflow
Investissement en cours de production	Bilan prévisionnel
Coûts totaux de production	Etat de recettes nettes
Fonds de roulement nécessaire	Source de financement



**KHD HUMBOLDT WEDAG AG**



**COMFAIR**  
2.0 UNID

COMFAIR 2.0 - UNIDG IFS Investaent Protection, Belgique

**Investissement initial total en US \$ 0000**

Année . . . . . 88

**Coût des investissements fixes**

Terrain, préparation et aménagement	65.00
Batiments et travaux de génie civil	648.00
installations auxiliaires, services	0.00
Immobilisations incorporelles . . .	4812.00
Installations, machines, équipement	202.00

**Coût total des investissements fixes 5727.00**

Dépenses de premier établissement .	535.27
Fonds de roulement . . . . .	0.00

**Total des coûts d'investissement . . 6262.27**

**Dont en devises, I . . . . . 83.96**

TORCO TAILINGS - GOLD EXTRACTION --- 26.01.1





**KHD HUMBOLDT WEDAG AG**



**COMFAR**  
2.0 UNIDO

COMFAR 2.0 - UNIDO IPS Investment Promotion, Cologne

**Investissement en cours de production en US \$ 1000**

Année . . . . .	89	90	91-92	93	94-95
Cout des investissements fixes . . . . .					
.Terrain, préparation et aménagement . .	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
.Batiments et travaux de génie civil . .	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
.Installations auxiliaires et services .	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
.Immobilisations incorporelles . . . . .	0.90	0.00	0.00	1240.00	0.00
.Installations, machines et équipement .	0.00	0.00	0.00	97.00	0.00
Cout total des investissements fixes . .	0.00	0.00	0.00	1337.00	0.00
Dépenses de premier établissement . . . .	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fonds de roulement . . . . .	1093.76	150.33	0.00	0.00	0.00
Total des coûts d'investissement courants	1093.76	150.33	0.00	1337.00	0.00
Dont en devises, X . . . . .	74.64	88.69	0.00	100.00	0.00

TORCO TAILINGS - GOLD EXTRACTION --- 26.01.198

COMFAR 2.0 - UNIDO IPS Investment Promotion, Cologne

**Investissement en cours de production en US \$ 1000**

Année . . . . .	79
Cout des investissements fixes . . . . .	
.Terrain, préparation et aménagement . .	0.00
.Batiments et travaux de génie civil . .	0.00
.Installations auxiliaires et services .	0.00
.Immobilisations incorporelles . . . . .	0.00
.Installations, machines et équipement .	0.00
Cout total des investissements fixes . .	0.00
Dépenses de premier établissement . . . .	0.00
Fonds de roulement . . . . .	-1254.31
Total des coûts d'investissement courants	-1254.31
Dont en devises, Y . . . . .	0.00

TORCO TAILINGS - GOLD EXTRACTION --- 26.01.198



**KHD HUMBOLDT WEDAG AG**



**COMFAR**  
2.0 UNID

COMFAR 2.0 - UNIDO IPS Investment Promotion, Cologne

**Coûts totaux de production en US \$ 1000**

Année . . . . .	89	90	91	92	93
Z de capacité nominal (un seul produit).	80.06	100.00	100.00	100.00	100.00
Matières premières I . . . . .	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Autres matières premières . . . . .	1442.31	1716.00	1716.00	1716.00	1716.00
Services . . . . .	98.22	102.30	102.30	102.30	102.30
Energie . . . . .	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Main-d'oeuvre directe . . . . .	224.25	252.00	252.00	252.00	252.00
Entretien et réparations . . . . .	333.18	344.28	344.28	344.28	344.28
Pièces détachées . . . . .	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Frais généraux de fabrication . . . . .	92.03	95.20	95.20	95.20	95.20
<b>Coûts de fabrication . . . . .</b>	<b>2189.99</b>	<b>2509.78</b>	<b>2509.78</b>	<b>2509.78</b>	<b>2509.78</b>
Frais généraux d'administration . . . . .	450.00	450.00	450.00	450.00	450.00
Frais indirects, ventes et distribution.	144.11	180.00	180.00	180.00	180.00
Frais directs, ventes et distribution. .	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Amortissement . . . . .	695.90	695.90	695.90	695.90	695.90
Frais financiers . . . . .	485.27	436.74	388.21	339.69	291.16
<b>Total des coûts de production . . . . .</b>	<b>3965.27</b>	<b>4272.42</b>	<b>4223.89</b>	<b>4175.37</b>	<b>4126.84</b>
<b>Coût unitaire (un seul produit) . . . . .</b>	<b>7.84</b>	<b>6.76</b>	<b>6.68</b>	<b>6.61</b>	<b>6.53</b>
dont en devises, % . . . . .	61.94	64.31	65.05	65.80	66.58
dont en pourcentage variable . . . . .	36.02	41.76	42.24	42.73	43.23
Main-d'oeuvre totale . . . . .	362.25	390.00	390.00	390.00	390.00

TORCO TAILINGS - GOLD EXTRACTION --- 26.01.1

**Couts totaux de production en US \$ 1000**

Année . . . . .	94	95	96	97	98
2 de capacité nominal (un seul produit).	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Matières premières 1 . . . . .	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Autres matières premières . . . . .	1716.00	1716.00	1716.00	1716.00	1716.00
Services . . . . .	102.30	102.30	102.30	102.30	102.30
Energie . . . . .	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Main-d'oeuvre directe . . . . .	252.00	252.00	252.00	252.00	252.00
Entretien et réparations . . . . .	344.28	344.28	344.28	344.28	344.28
Pièces détachées . . . . .	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Frais généraux de fabrication . . . . .	95.20	95.20	95.20	95.20	95.20
<b>Couts de fabrication . . . . .</b>	<b>2509.78</b>	<b>2509.78</b>	<b>2509.78</b>	<b>2509.78</b>	<b>2509.78</b>
Frais généraux d'administration . . . . .	450.00	450.00	450.00	450.00	450.00
Frais indirects, ventes et distribution.	180.00	180.00	180.00	180.00	180.00
Frais directs, ventes et distribution. .	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Amortissement . . . . .	695.90	695.90	695.90	695.90	695.90
Frais financiers . . . . .	242.63	194.11	145.58	97.05	48.53
<b>Total des couts de production . . . . .</b>	<b>4078.31</b>	<b>4029.79</b>	<b>3981.26</b>	<b>3932.73</b>	<b>3884.21</b>
<b>Cout unitaire (un seul produit) . . . . .</b>	<b>6.45</b>	<b>6.38</b>	<b>6.30</b>	<b>6.22</b>	<b>6.15</b>
dont en devises, 1 . . . . .	67.37	68.18	69.01	69.86	70.74
dont en pourcentage variable . . . . .	43.74	44.27	44.81	45.36	45.93
Main-d'oeuvre totale . . . . .	390.00	390.00	390.00	390.00	390.00

TORCO TAILINGS - GOLD EXTRACTION --- 26.01.

**Fonds de roulement nécessaire en US \$ 1000**

Année . . . . .	87	90	91-98	99	100-3
Couverture . . . . . nsjc cca					
<b>Actif circulant</b>					
Comptes débiteurs . . . . . 30 12.0	232.01	261.65	261.65	0.00	0.00
Stock et matériel . . . . . 90 4.0	385.13	454.58	454.58	-0.00	-0.00
Energie . . . . . 0 ---	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pièces de rechange . . . . . 0 ---	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Travaux en cours . . . . . 90 4.0	547.50	627.44	627.44	0.00	0.00
Produits finis . . . . . 3 120.0	22.00	24.66	24.66	0.00	0.00
Encaisse . . . . . 30 12.0	91.62	95.12	95.12	0.00	0.00
<b>Actif circulant total . . . . .</b>	<b>1278.26</b>	<b>1463.46</b>	<b>1463.46</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>Dettes à court terme . . . . . 30 12.0</b>	<b>182.50</b>	<b>209.15</b>	<b>209.15</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>Fonds de roulement net . . . . .</b>	<b>1095.76</b>	<b>1254.31</b>	<b>1254.31</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>Accroissement, fonds roulement . . . . .</b>	<b>1095.76</b>	<b>158.55</b>	<b>0.00</b>	<b>-1254.31</b>	<b>0.00</b>
<b>Fonds de roulement net, monnaie locale.</b>	<b>277.90</b>	<b>295.83</b>	<b>295.83</b>	<b>295.91</b>	<b>295.91</b>
<b>Fonds de roulement net, devises . . . . .</b>	<b>817.86</b>	<b>958.48</b>	<b>958.48</b>	<b>-295.91</b>	<b>-295.91</b>

Notes: nsjc = nombre minimal de jours de couverture;

TORCO TAILINGS - GOLD EXTRACTION --- 26.01.



**Source de financement, construction en US \$ 1000**

Année . . . . .	89
Actions ordinaires. . . . .	1733.10
Actions privilégiées. . . . .	0.00
Subventions, dons . . . . .	0.00
Pret A, devises . . . . .	0.00
Pret B, devises . . . . .	0.00
Pret C, devises . . . . .	0.00
Pret A, monnaie locale. . . . .	4043.90
Pret B, monnaie locale. . . . .	0.00
Pret C, monnaie locale. . . . .	0.00
<b>Total des prêts . . . . .</b>	<b>4043.90</b>
Dettes à court terme . . . . .	0.00
Découvert bancaire . . . . .	463.27
<b>Total des fonds disponibles</b>	<b>6262.27</b>

----- TORCO TAILINGS - GOLD EXTRACTION --- 26.01.-----



**KHD HUMBOLDT WEDAG AG**



**COMFAR**  
2.0 UNIS

COMFAR 2.0 - UNIDG EPS Investment Protection, Cologne

**Source de financement, production en US \$ 1000**

Année . . . . .	89	90	91-98	99
Actions ordinaires. . . . .	0.00	0.00	0.00	0.00
Actions privilégiées. . . . .	0.00	0.00	0.00	0.00
Subventions, dons . . . . .	0.00	0.00	0.00	0.00
Prêt A, devises . . . . .	0.00	0.00	0.00	0.00
Prêt B, devises . . . . .	0.00	0.00	0.00	0.00
Prêt C, devises . . . . .	0.00	0.00	0.00	0.00
Prêt A, monnaie locale. . . . .	-404.39	-404.39	-404.39	0.00
Prêt B, monnaie locale. . . . .	0.00	0.00	0.00	0.00
Prêt C, monnaie locale. . . . .	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total des prêts . . . . .</b>	<b>-404.39</b>	<b>-404.39</b>	<b>-404.39</b>	<b>0.00</b>
Bettes à court terme . . . . .	182.50	26.65	0.00	-209.15
Découvert bancaire . . . . .	-485.27	0.00	0.00	0.00
<b>Total des fonds disponibles</b>	<b>-707.16</b>	<b>-377.74</b>	<b>-404.39</b>	<b>-209.15</b>

TORCO TAILINGS - GOLD EXTRACTION --- 26.01.1



**KHD HUMBOLDT WEDAG AG**



**COMFAR**  
2.0 UNITES

COMFAR 2.0 - NEDC IPS Investment Protection, Cologne

**Cashflow, construction en US \$ 1000**

Année . . . . .	86
Total des entrées de trésorerie.	5777.00
<hr/>	
. Ressources financières . . . .	5777.00
. Ventes, nettes de taxe . . . .	0.00
Total sorties de trésorerie . .	6262.27
<hr/>	
. Total des actifs . . . . .	5777.00
. Coûts d'exploitation . . . . .	0.00
. Frais financiers . . . . .	985.27
. Remboursements . . . . .	0.00
. Impôt sur les sociétés . . . . .	0.00
. Dividendes versés . . . . .	0.00
Excédent (déficit) . . . . .	-485.27
Solde de trésorerie cumulé . . .	-485.27
Entrées, monnaie locale . . . .	5777.00
Sorties, monnaie locale . . . .	1004.27
Excédent (déficit) . . . . .	4772.73
Entrées, devises . . . . .	0.00
Sorties, devises . . . . .	5258.00
Excédent (déficit) . . . . .	-5258.00
Flux de trésorerie nette . . . .	-5777.00
Flux de trésorerie cumulé . . . .	-5777.00

TURCO TAILINGS - GOLD EXTRACTION --- 26.01.86



## Cashflow, production en US \$ 1990

Année . . . . .	89	90	91	92	93	94
Total des entrées de trésorerie.	7013.50	8538.65	8532.00	8532.00	8532.00	8532.00
. Ressources financières . . . .	182.50	26.65	0.00	0.00	0.00	0.00
. Ventes, nettes de taxe . . . .	6831.00	8532.00	8532.00	8532.00	8532.00	8532.00
Total sorties de trésorerie . .	5238.59	4392.07	4363.19	4319.52	5612.05	5122.91
. Total des actifs . . . . .	1278.26	185.20	0.00	0.00	1337.00	0.00
. Coûts d'exploitation . . . . .	2784.10	3139.78	3139.78	3139.78	3139.78	3139.78
. Frais financiers . . . . .	485.27	436.74	388.21	339.69	291.16	242.63
. Remboursements . . . . .	404.39	404.39	404.39	404.39	404.39	404.39
. Impôt sur les sociétés . . . .	286.57	425.96	438.81	435.66	440.52	1336.11
. Dividendes versés . . . . .	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Excédent (déficit) . . . . .	1774.91	3966.58	4168.81	4212.48	2919.15	3409.09
Solde de trésorerie cumulé . . .	1289.64	5256.22	9425.03	13637.51	16556.66	19965.75
Entrées, monnaie locale . . . .	49.81	3.84	0.00	0.00	0.00	0.00
Sorties, monnaie locale . . . .	2475.28	2325.04	2259.59	2215.92	2172.25	3019.31
Excédent (déficit) . . . . .	-2426.27	-2321.20	-2259.59	-2215.92	-2172.25	-3019.31
Entrées, devises . . . . .	6464.49	8534.81	8532.00	8532.00	8532.00	8532.00
Sorties, devises . . . . .	2763.32	2267.03	2103.60	2103.60	3440.60	2103.60
Excédent (déficit) . . . . .	4201.18	6267.78	6428.40	6428.40	5091.40	6428.40
Flux de trésorerie nette . . . .	2644.56	4807.71	4961.41	4956.56	3614.70	4056.11
Flux de trésorerie cumulé . . . .	-3112.44	1695.28	6656.69	11613.25	15227.95	19284.07





**KHD HUMBOLDT WEDAG AG**



**COMFAR**  
2.0 UNICOM

COMFAR 2.0 - UNIDJ EFS Investment Fraction, Cologne

**Cashflow, production en US \$ 1000**

Année . . . . .	95	96	97	98	99	100-1
Total des entrées de trésorerie.	8532.00	8532.00	8532.00	8532.00	0.00	0.00
. Ressources financières . . . . .	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
. Ventes, nettes de taxe . . . . .	8532.00	8532.00	8532.00	8532.00	0.00	0.00
Total sorties de trésorerie . . . . .	5088.94	5054.97	5021.00	4987.63	-1254.30	0.00
. Total des actifs . . . . .	0.00	0.00	0.00	0.00	-1463.43	0.00
. Coûts d'exploitation . . . . .	3139.78	3139.78	3139.78	3139.78	0.00	0.00
. Frais financiers . . . . .	194.11	143.58	97.05	48.53	0.00	0.00
. Remboursements . . . . .	404.39	404.39	404.39	404.39	209.13	0.00
. Impôt sur les sociétés . . . . .	1350.66	1365.22	1379.78	1394.34	0.00	0.00
. Dividendes versés . . . . .	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Excédent (déficit) . . . . .	3443.06	3477.03	3511.00	3544.97	1254.30	-0.00
Solde de trésorerie cumulé . . . . .	23408.81	26885.84	30396.83	33941.80	35196.10	35196.10
Entrées, monnaie locale . . . . .	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sorties, monnaie locale . . . . .	2985.34	2951.57	2917.40	2883.44	625.63	714.94
Excédent (déficit) . . . . .	-2985.34	-2951.57	-2917.40	-2883.44	-625.63	-714.94
Entrées, devises . . . . .	8532.00	8532.00	8532.00	8532.00	0.00	0.00
Sorties, devises . . . . .	2103.60	2103.60	2103.60	2103.60	-1879.33	-714.94
Excédent (déficit) . . . . .	6428.40	6428.40	6428.40	6428.40	1879.33	714.94
Flux de trésorerie nette . . . . .	4041.56	4027.00	4012.44	3997.88	1254.30	-0.00
Flux de trésorerie cumulé . . . . .	23325.62	27352.62	31365.06	35362.95	36617.25	36617.25

TORCO TAILINGS - GOLD EXTRACTION --- 26.01.1998



**Cashflow, production en US \$ 1000**

Année . . . . .	102-3
Total des entrées de trésorerie.	0.00
<hr/>	
. Ressources financières . . . .	0.00
. Ventes, nettes de taxe . . . .	0.00
Total sorties de trésorerie . .	0.00
<hr/>	
. Total des actifs . . . . .	0.00
. Coûts d'exploitation . . . . .	0.00
. Frais financiers . . . . .	0.00
. Remboursements . . . . .	0.00
. Impôt sur les sociétés . . . .	0.00
. Dividendes versés . . . . .	0.00
Excédent (déficit) . . . . .	-0.00
Solde de trésorerie cumulé . . .	35196.09
Entrées, monnaie locale . . . .	0.00
Sorties, monnaie locale . . . .	714.94
Excédent (déficit) . . . . .	-714.94
Entrées, devises . . . . .	0.00
Sorties, devises . . . . .	-714.94
Excédent (déficit) . . . . .	714.94
Flux de trésorerie nette . . . .	-0.00
Flux de trésorerie cumulé . . .	36617.24

FORCO TAILINGS - GOLD EXTRACTION --- 26.01.1

**Actualisation des flux financiers**

a) Taux de rentabilité sur le capital 1:		
Valeur actualisée nette à .....	15464.09 à	15.00 %
Taux de rentabilité interne .....	175.30 %	
a) Taux de rentabilité sur le capital 2:		
Valeur actualisée nette à .....	15475.83 à	15.00 %
Taux de rentabilité interne .....	152.85 %	
c) Taux de rentabilité sur le capital total:		
Valeur actualisée nette à .....	15072.96 à	15.00 %
Taux de rentabilité interne .....	66.52 %	

Capital 1 = Capital : Bénéfice net

Capital 2 = Capital : marge brute d'auto financement



**Etat des recettes nettes en US \$ 1000**

Année . . . . .	89	90	91	92	93
Ventes totales avec taxe s. les ventes .	6831.00	8532.00	8532.00	8532.00	8532.00
moins: coûts variables, avec taxes s.v..	1428.36	1784.04	1784.04	1784.04	1784.04
<b>Marge variable . . . . .</b>	<b>5402.64</b>	<b>6747.96</b>	<b>6747.96</b>	<b>6747.96</b>	<b>6747.96</b>
En % des ventes totales . . . . .	79.09	79.09	79.09	79.09	79.09
<b>Coûts fixes, y compris l'amortissement .</b>	<b>2051.64</b>	<b>2051.64</b>	<b>2051.64</b>	<b>2051.64</b>	<b>2051.64</b>
<b>Marge d'exploitation . . . . .</b>	<b>3351.00</b>	<b>4696.32</b>	<b>4696.32</b>	<b>4696.32</b>	<b>4696.32</b>
En % des ventes totales . . . . .	49.06	55.04	55.04	55.04	55.04
<b>Frais financiers . . . . .</b>	<b>485.27</b>	<b>436.74</b>	<b>388.21</b>	<b>339.69</b>	<b>291.16</b>
<b>Bénéfice brut . . . . .</b>	<b>2865.73</b>	<b>4259.58</b>	<b>4308.11</b>	<b>4356.63</b>	<b>4405.16</b>
Deductions . . . . .	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Bénéfice imposable . . . . .</b>	<b>2865.73</b>	<b>4259.58</b>	<b>4308.11</b>	<b>4356.63</b>	<b>4405.16</b>
Impôts . . . . .	286.57	425.96	430.81	435.66	440.52
<b>Bénéfice net . . . . .</b>	<b>2579.16</b>	<b>3833.62</b>	<b>3877.29</b>	<b>3920.97</b>	<b>3964.64</b>
Dividendes payés . . . . .	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Bénéfices non distribués . . . . .</b>	<b>2579.16</b>	<b>3833.62</b>	<b>3877.29</b>	<b>3920.97</b>	<b>3964.64</b>
<b>Bénéfices non distribués cumulés . . . .</b>	<b>2579.16</b>	<b>6412.78</b>	<b>10290.07</b>	<b>14211.04</b>	<b>18175.68</b>
<b>Bénéfice brut: ventes totales (%) . . .</b>	<b>41.95</b>	<b>49.92</b>	<b>50.49</b>	<b>51.06</b>	<b>51.63</b>
<b>Bénéfice net: ventes totales (%) . . .</b>	<b>37.76</b>	<b>44.93</b>	<b>45.44</b>	<b>45.96</b>	<b>46.47</b>
<b>Bénéfice net: capital social (%) . . .</b>	<b>148.82</b>	<b>221.20</b>	<b>223.72</b>	<b>226.24</b>	<b>228.76</b>
<b>Bénéfice net - intérêt, % de l'invest. .</b>	<b>44.59</b>	<b>60.73</b>	<b>60.66</b>	<b>60.60</b>	<b>50.86</b>

TORCO TAILINGS - GOLD EXTRACTION --- 25.01.1



**Etat des recettes nettes en US \$ 1000**

Année . . . . .	94	95	96	97	98
Ventes totales avec taxe s. les ventes .	8532.00	8532.00	8532.00	8532.00	8532.00
moins: couts variables, avec taxes s.v..	1784.04	1784.04	1784.04	1784.04	1784.04
<b>Marge variable . . . . .</b>	<b>6747.96</b>	<b>6747.96</b>	<b>6747.96</b>	<b>6747.96</b>	<b>6747.96</b>
En % des ventes totales . . . . .	79.09	79.09	79.09	79.09	79.09
<b>Couts fixes, y compris l'amortissement .</b>	<b>2051.64</b>	<b>2051.64</b>	<b>2051.64</b>	<b>2051.64</b>	<b>2051.64</b>
<b>Marge d'exploitation . . . . .</b>	<b>4696.32</b>	<b>4696.32</b>	<b>4696.32</b>	<b>4696.32</b>	<b>4696.32</b>
En % des ventes totales . . . . .	55.04	55.04	55.04	55.04	55.04
<b>Frais financiers . . . . .</b>	<b>242.63</b>	<b>194.11</b>	<b>145.98</b>	<b>97.05</b>	<b>48.53</b>
<b>Bénéfice brut . . . . .</b>	<b>4453.69</b>	<b>4502.21</b>	<b>4550.74</b>	<b>4599.27</b>	<b>4647.79</b>
Deductions . . . . .	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Bénéfice imposable . . . . .</b>	<b>4453.69</b>	<b>4502.21</b>	<b>4550.74</b>	<b>4599.27</b>	<b>4647.79</b>
Impots . . . . .	1336.11	1350.66	1365.22	1379.78	1394.34
<b>Bénéfice net . . . . .</b>	<b>3117.58</b>	<b>3151.55</b>	<b>3185.52</b>	<b>3219.49</b>	<b>3253.46</b>
Dividendes payés . . . . .	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Bénéfices non distribués . . . . .</b>	<b>3117.58</b>	<b>3151.55</b>	<b>3185.52</b>	<b>3219.49</b>	<b>3253.46</b>
<b>Bénéfices non distribués cumulés . . . .</b>	<b>21293.26</b>	<b>24444.81</b>	<b>27630.33</b>	<b>30849.82</b>	<b>34103.27</b>
<b>Bénéfice brut: ventes totales (%) . . .</b>	<b>52.20</b>	<b>52.77</b>	<b>53.34</b>	<b>53.91</b>	<b>54.47</b>
<b>Bénéfice net: ventes totales (%) . . .</b>	<b>36.54</b>	<b>36.94</b>	<b>37.34</b>	<b>37.73</b>	<b>38.13</b>
<b>Bénéfice net: capital social (%) . . .</b>	<b>179.88</b>	<b>181.84</b>	<b>183.80</b>	<b>185.76</b>	<b>187.72</b>
<b>Bénéfice net - intérêt, % de l'invest. .</b>	<b>40.15</b>	<b>39.98</b>	<b>39.81</b>	<b>39.63</b>	<b>39.46</b>

TORCO TAILINGS - GOLD EXTRACTION --- 26.01.



**Etat des recettes nettes en US \$ 1000**

Année . . . . .	79- 100	101- 2	103
Ventes totales avec taxe s. les ventes .	0.00	0.00	0.00
moins: couts variables, avec taxes s.v..	0.00	0.00	0.00
<b>Marge variable . . . . .</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
En % des ventes totales . . . . .	0.00	0.00	0.00
<b>Couts fixes, y compris l'amortissement .</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>Marge d'exploitation . . . . .</b>	<b>-0.00</b>	<b>-0.00</b>	<b>-0.00</b>
En % des ventes totales . . . . .	0.00	0.00	0.00
<b>Frais financiers . . . . .</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>Bénéfice brut . . . . .</b>	<b>-0.00</b>	<b>-0.00</b>	<b>-0.00</b>
Deductions . . . . .	0.00	0.00	0.00
<b>Bénéfice imposable . . . . .</b>	<b>-0.00</b>	<b>-0.00</b>	<b>-0.00</b>
Impôts . . . . .	0.00	0.00	0.00
<b>Bénéfice net . . . . .</b>	<b>-0.00</b>	<b>-0.00</b>	<b>-0.00</b>
Dividendes payés . . . . .	0.00	0.00	0.00
Bénéfices non distribués . . . . .	-0.00	-0.00	-0.00
Bénéfices non distribués cumulés . . . .	34103.27	34103.26	34103.25
Bénéfice brut: ventes totales (%) . . .	0.00	0.00	0.00
Bénéfice net: ventes totales (%) . . .	0.00	0.00	0.00
Bénéfice net: capital social (%) . . .	-0.00	-0.00	-0.00
Bénéfice net - intérêt, % de l'invest. .	-0.00	-0.00	-0.00

TORCO TAILINGS - GOLD EXTRACTION --- 26.01.19



**KHD HUMBOLDT WEDAG AG**



**COMFAR**  
2.0 UNIE

COMFAR 2.0 - UNIDO IPS Investment Promotion, Cologne

**Bilan prévisionnel, construction en US \$ 1000**

Année . . . . .	58
Actif total . . . . .	<b>6262.27</b>
Actifs fixes, nets d'amortissement.	0.00
Immobilisations en cours . . . . .	<b>6262.27</b>
Actif circulant . . . . .	0.00
Caisse, banque . . . . .	0.00
Liquidités disponibles . . . . .	0.00
Perte rapportée . . . . .	0.00
Perte . . . . .	0.00
Passif total . . . . .	<b>6262.27</b>
Capital social . . . . .	<b>1733.10</b>
Réserves, bénéfices non distribués.	0.00
Bénéfice . . . . .	0.00
Dettes à long et moyen terme . . . . .	<b>4043.90</b>
Dettes à court terme . . . . .	0.00
Déouvert bancaire . . . . .	<b>485.27</b>
Dette total . . . . .	<b>4529.17</b>
Capital social en % du passif . . . . .	<b>27.68</b>

TORCO TAILINSS - GOLD EXTRACTION --- 26.01.1



**KHD HUMBOLDT WEDAG AG**



**COMFA**  
COLOMBIA UNIT

COMFAR 2.0 - UNIDO IPS Investment Promotion, Cologne

**Projection du bilan, production en US \$ 1000**

Année . . . . .	89	90	91	92	93	
<b>Actif total . . . . .</b>	<b>8134.27</b>	<b>11590.15</b>	<b>15063.05</b>	<b>18579.63</b>	<b>22139.00</b>	<b>2485</b>
Actifs fixes, nets d'amortissement.	5566.37	4870.47	4174.57	3478.67	2782.77	342
Immobilisations en cours . . . . .	0.00	0.00	0.00	0.00	1337.00	
Actif circulant . . . . .	1196.64	1368.33	1368.33	1368.33	1368.33	136
Caisse, banque . . . . .	91.62	95.12	95.12	95.12	95.12	9
Liquidités disponibles . . . . .	1209.64	5256.22	9425.03	13637.50	16336.66	1996
Perte rapportée . . . . .	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Perte . . . . .	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
<b>Passif total . . . . .</b>	<b>8134.27</b>	<b>11590.15</b>	<b>15063.05</b>	<b>18579.63</b>	<b>22139.00</b>	<b>2485</b>
Capital social . . . . .	1733.10	1733.10	1733.10	1733.10	1733.10	173
Réserves, bénéfices non distribués.	0.00	2579.16	6412.78	10290.07	14211.04	1817
Bénéfice . . . . .	2579.16	3833.62	3877.29	3920.97	3964.64	311
Dettes à long et moyen terme . . . . .	3639.51	3235.12	2830.73	2426.34	2021.95	161
Dettes à court terme . . . . .	182.50	209.15	209.15	209.15	209.15	20
Découvert bancaire . . . . .	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
<b>Dettes total . . . . .</b>	<b>3822.01</b>	<b>3444.27</b>	<b>3039.88</b>	<b>2635.49</b>	<b>2231.10</b>	<b>182</b>
Capital social en % du passif . . . . .	21.31	14.95	11.51	9.33	7.83	

TORCO TAILINGS - GOLD EXTRACTION --- 26.01

COMFAR 2.0 - UNIDO IPS Investment Promotion, Cologne

**Projection du bilan, production en US \$ 1000**

Année . . . . .	95	96	97	98	99- 200	10
<b>Actif total . . . . .</b>	<b>27600.23</b>	<b>30381.36</b>	<b>33196.45</b>	<b>36045.52</b>	<b>35836.38</b>	<b>3583</b>
Actifs fixes, nets d'amortissement.	2727.97	2032.07	1336.17	640.27	640.27	64
Immobilisations en cours . . . . .	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Actif circulant . . . . .	1368.33	1368.33	1368.33	1368.33	0.00	
Caisse, banque . . . . .	95.12	95.12	95.12	95.12	0.00	
Liquidités disponibles . . . . .	23408.80	26885.83	30396.83	33941.79	35196.10	3519
Perte rapportée . . . . .	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Perte . . . . .	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
<b>Passif total . . . . .</b>	<b>27600.23</b>	<b>30381.36</b>	<b>33196.45</b>	<b>36045.52</b>	<b>35836.38</b>	<b>3583</b>
Capital social . . . . .	1733.10	1733.10	1733.10	1733.10	1733.10	173
Réserves, bénéfices non distribués.	21293.26	24444.81	27630.33	30849.82	34103.27	3410
Bénéfice . . . . .	3151.85	3185.52	3219.49	3253.46	0.00	
Dettes à long et moyen terme . . . . .	1213.17	808.78	404.39	-0.00	-0.00	
Dettes à court terme . . . . .	209.15	209.15	209.15	209.15	0.00	
Découvert bancaire . . . . .	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
<b>Dettes total . . . . .</b>	<b>1422.32</b>	<b>1017.93</b>	<b>613.54</b>	<b>209.15</b>	<b>0.00</b>	
Capital social en % du passif . . . . .	6.28	5.70	5.22	4.81	4.84	

TN 0100 0431/04  
(HW 3002/4)  
40000 4.87 O.





**KHD HUMBOLDT WEDAG AG**



**COMFAR**  
2.0 UNIDO

COMFAR 2.0 - UNIDO IPS Investment Promotion, Coicaco

**Projection du bilan, production en US \$ 1000**

Année . . . . .	103
Actif total . . . . .	35836.36
Actifs fixes, nets d'amortissement. . . . .	640.27
Immobilisations en cours . . . . .	0.00
Actif circulant . . . . .	0.00
Caisse, banque . . . . .	0.00
Liquidités disponibles . . . . .	35196.09
Perte rapportée . . . . .	0.00
Perte . . . . .	0.00
Passif total . . . . .	35836.36
Capital social . . . . .	1733.10
Réserves, bénéfices non distribués. . . . .	34103.26
Bénéfice . . . . .	0.00
Dettes à long et moyen terme . . . . .	-0.00
Dettes à court terme . . . . .	0.00
Découvert bancaire . . . . .	0.00
Dette total . . . . .	0.00
Capital social en % du passif . . . . .	4.84

TORCO TAILINGS - GOLD EXTRACTION --- 26.01.19



**TORCO TAILINGS - GOLD EXTRACTION**

26.01.1987

test run with 70% production of basis , *sensibilité 1*

lannées de construction, 10 années de production

taux de conversion:

monnaie étranger 1 = 1.0000 monnaie comptable

monnaie local 1 = 1.0000 monnaie comptable

monnaie comptable: US \$ 1000

**Investissement initial total en cours de construction**

actifs fixes:	6262.27	83.963 % étranger
actif courant:	0.00	0.000 % étranger
actif total:	6262.27	83.963 % étranger

**Source de financements en cours de construction**

Actions, subv. :	1733.10	0.000 % étranger
prêts(étranger):	0.00	
prêts(national):	4043.90	
prêts (total):	5777.00	0.000 % étranger

**Cashflow, production**

Année:	1	2	3
coûts, fabrication:	2355.59	2604.57	2604.57
amortissement :	695.90	695.90	695.90
intérêts :	485.27	436.74	388.21
coûts, production :	3536.76	3737.21	3688.68
% étrangère	59.51 %	61.78 %	62.59 %
ventes :	4781.70	5972.40	5972.40
bénéfice brut :	1244.94	2235.19	2283.72
bénéfice net :	1120.44	2011.67	2055.34
solde de trésorerie :	507.21	2192.20	2746.86
cashflow net :	1796.86	3032.33	7139.46

valeur actualisée nette : 15.00 % = 7070.43

taux de rentabilité int. : 40.56 %

rentabilité de prêts : 91.65 %

rentabilité de prêts 2 : 81.56 %

**Pieces produced by COMFAR**

Investissement initial total	Cashflow
Investissement en cours de production	Bilan prévisionnel
Coûts totaux de production	Etat de recettes nettes
Fonds de roulement nécessaire	Source de financement



**TOSCO TAILINES - GOLD EXTRACTION**

26.01.1987

70% prod. and only 80% of basis Au-price, **sensibilité 2**

années de construction, 10 années de production

taux de conversion:

monnaie étranger 1 = 1.0000 monnaie comptable

monnaie local 1 = 1.0000 monnaie comptable

monnaie comptable: US \$ 1000

**Investissement initial totales cours de construction**

actifs fixes:	6262.27	83.963 % étranger
actif courant:	0.00	0.000 % étranger
actif total:	6262.27	83.963 % étranger

**Source de financement en cours de construction**

Actions, subv. :	1733.10	0.000 % étranger
prêts(étranger):	0.00	
prêts(national):	4043.90	
prêts (total):	5777.00	0.000 % étranger

**Cashflow, production**

Année:	1	2	3
coûts, fabrications:	2355.59	2604.57	2604.57
amortissement :	695.90	695.90	695.90
intérêts :	485.27	436.74	386.21
coûts, production :	3536.76	3737.21	3686.68
% étrangère	59.51 %	61.78 %	62.59 %
ventes :	3925.36	4777.92	4777.92
benefice brut :	288.60	1040.71	1089.24
benefice net :	259.74	936.64	986.71
solde de trésorerie :	-352.50	1117.17	1271.92
cashflow net :	536.16	1958.30	2044.43

valeur actualisée nette : 15.00 % = 2255.51

taux de rentabilité int.: 23.48 %

rentabilité de prêts 1 : 42.08 %

rentabilité de prêts 2 : 37.74 %

**Pieces produced by CONFAR**

Investissement initial total	Cashflow
Investissement en cours de production	Bilan prévisionnel
Coûts totaux de production	Etat de recettes nettes
Fonds de roulement nécessaire	Source de financement



**TURCO FACILITIES - SGLD EXTRACTION**

26.01.1987

70% prod. and only 70% of basis As-price, **sensibilité 3**

années de construction, 10 années de production

taux de conversion:

monnaie étranger 1 = 1.0000 monnaie comptable

monnaie local 1 = 1.0000 monnaie comptable

monnaie comptable: US \$ 1000

**Investissement initial total en cours de construction**

actifs fixes:	6262.27	83.963 % étranger
actif courant:	0.00	0.000 % étranger
actif total:	6262.27	83.963 % étranger

**Source de financement en cours de construction**

Actions, subv. :	1737.10	0.000 % étranger
prêts(étranger):	0.00	
prêts(national):	4043.90	
prêts (total):	5777.00	0.000 % étranger

**Cashflow, production**

Année:	1	2	3
coûts, fabrication:	2355.59	2604.57	2604.57
amortissement :	695.90	695.90	695.90
intérêts :	485.27	436.74	368.21
coûts, production :	3536.76	3737.21	3668.68
% étrangère	59.51 %	61.75 %	62.55 %
ventes :	3347.19	4150.68	4160.68
benefice brut :	-189.57	413.47	492.00
benefice net :	-189.57	399.12	440.80
solde de trésorerie :	-392.01	579.65	774.71
cashflow net :	86.85	1420.78	1526.91

valeur actualisée nette :	15.11 % =	-162.29
taux de rentabilité int. :	14.32 %	
rentabilité de prêts 1 :	15.89 %	
rentabilité de prêts 2 :	16.97 %	

**Pieces produced by CONFAR**

Investissement initial total	Cashflow
Investissement en cours de production	Bilan prévisionnel
Coûts totaux de production	État de recettes nettes
Fonds de roulement nécessaire	Source de financement



**FORCO TASLENSS - GOLD EXTRACTION**

26.01.1987

basic version + 10 % raw mat., sensitivity 4 (sensibilité 4)

1 year(s) of construction, 10 years of production

currency conversion rates:

foreign currency 1 unit = 1.0000 units accounting currency

local currency 1 unit = 1.0000 units accounting currency

accounting currency: US \$ 1000

**Total initial investment during construction phase**

fixed assets:	6262.27	53.963 % foreign
current assets:	3.00	0.000 % foreign
total assets:	6262.27	33.963 % foreign

**Source of funds during construction phase**

equity & grants:	1725.10	0.000 % foreign
foreign loans:	3.50	
local loans:	4043.50	
total funds:	5772.10	0.000 % foreign

**Cashflow from operations**

years:	1	2	3
operating costs:	2529.23	3311.26	3311.26
depreciation :	695.90	695.90	695.90
interest :	425.27	425.27	366.21
production costs	4109.50	4444.02	4375.49
thereof foreign	60.27 %	65.57 %	66.41 %
total sales :	6831.60	8502.90	8502.90
gross income :	2721.50	4087.93	4126.81
net income :	2449.28	3679.18	3700.85
cash balance :	1571.73	3778.23	4014.27
net cashflow :	2449.44	4339.26	4806.97

Net Present Value at: 15.00 % = 14290.67

Internal Rate of Returns: 63.71 %

Return on equity: 169.00 %

Return on equity/2: 140.68 %

**Index of Schedules produced by COMFAR**

Total initial investment	Cashflow Tables
Total investment during production	Projected Balance
Total production costs	Net income statement
working Capital requirements	Source of finance



**KHD HUMBOLDT WEDAG AG**



**COMFAR**  
2.0 UNIDEP

----- COMFAR 2.0 - UNIDO IFS Investment Promotion, Cologne -----

**FORCED FAILINGS - GOLD EXTRACTION**

26.01.1987

basic version - raw material 30% ore , sensibilité 5

années de construction, 10 années de production

taux de conversion:

monnaie étranger 1 = 1.0000 monnaie comptable

monnaie local 1 = 1.0000 monnaie comptable

monnaie comptable: US \$ 1000

-----  
**Investissement initial total en cours de construction**

actifs fixes:	6262.27	83.963 % étranger
actif courant:	0.00	0.000 % étranger
actif total:	6262.27	83.963 % étranger

-----  
**Source de financement en cours de construction**

Actions, subv. :	1733.10	0.000 % étranger
prêts(étranger):	0.00	
prêts(national):	4043.90	
prêts (total):	5777.00	0.000 % étranger

-----  
**Cashflow, production**

Année:	1	2	3
coûts, fabrication:	3216.79	3654.58	3654.58
amortissement :	695.90	695.90	695.90
intérêts :	485.27	436.74	388.21
coûts, production :	4397.96	4787.22	4739.69
% étranger :	65.65 %	58.15 %	62.85 %
ventes :	6871.00	8532.00	8532.00
benefice brut :	2473.04	3744.78	3793.31
benefice net :	2129.73	3370.30	3412.95
soins de trésorerie :	1165.53	3461.52	3705.48
cashflow net :	2855.19	4782.62	4495.09

valeur actualisée nette : 15.00 % = 12725.97  
 taux de rentabilité int.: 58.15 %  
 rentabilité de prêts 1 : 153.42 %  
 rentabilité de prêts 2 : 126.44 %

-----  
**Pièces produites by COMFAR**

Investissement initial total	Cashflow
Investissement en cours de production	Bilan prévisionnel
Coûts totaux de production	Etat de recettes nettes
Fonds de roulement nécessaire	Source de financement



**TORCO TAILINGS - GOLD EXTRACTION**

26.01.1987

basic version - raw material 50% more, **sensibilité 6**

années de construction, 10 années de production

taux de conversion:

monnaie étranger 1 = 1.0000 monnaie comptable

monnaie local 1 = 1.0000 monnaie comptable

monnaie comptable: US \$ 1000

**Investissement initial total en cours de construction**

actifs fixes:	6262.27	83.963 % étranger
actif courant:	0.00	0.000 % étranger
actif total:	6262.27	83.963 % étranger

**Source de financement en cours de construction**

Actions, subv. :	1733.10	0.000 % étranger
prêts (étrangers):	0.00	
prêts (national):	4043.90	
prêts (total):	5777.00	0.000 % étranger

**Cashflow, production**

Année:	1	2	3
coûts, fabrication:	3505.26	3997.78	3997.78
amortissement :	695.70	695.90	695.90
intérêts :	466.07	436.74	368.21
coûts, production :	4666.42	5130.42	5091.89
% étrangers :	67.79 %	70.28 %	70.95 %
pertes :	6651.00	9532.00	8532.00
brut :	2144.58	3401.58	3450.11
net :	1930.12	3061.42	3105.09
soins de trésorerie :	759.23	3124.32	3396.80
cashflow net :	1648.94	3965.95	4169.21

valeur actualisée nette : 15.00 % = 11161.31  
 taux de rentabilité int.: 52.56 %  
 rentabilité de prêts 1 : 138.69 %  
 rentabilité de prêts 2 : 109.76 %

**Pieces produced by COMFAR**

Investissement initial total	Cashflow
Investissement en cours de production	Bilan prévisionnel
Coûts totaux de production	Etat de recettes nettes
Fonds de roulement nécessaire	Source de financement

**FERRO TAILINGS - GOLD EXTRACTION**

26.01.1987

basic version - with 100% core raw rate. **sensibilité 7**

années de construction, 10 années de production

taux de conversion:

monnaie étranger 1 =	1.0000 monnaie comptable
monnaie local 1 =	1.0000 monnaie comptable
monnaie comptable: US \$ 1000	

**Investissement initial total en cours de construction**

actifs fixes:	6262.27	83.963 % étranger
actif courant:	0.00	0.000 % étranger
actif total:	6262.27	83.963 % étranger

**Source de financement en cours de construction**

Actions, subv. :	1733.10	0.000 % étranger
prêts(étranger):	0.00	
prêts(national):	4643.90	
prêts (total):	5777.00	0.000 % étranger

**Cashflow, production**

Année:	1	2	3
coûts, fabrication:	4226.41	4855.78	4855.78
amortissement :	695.70	695.90	695.90
intérêts :	485.27	426.74	389.21
coûts, production :	5407.38	5957.42	5957.29
% étrangers :	72.09 %	74.54 %	75.15 %
ventes :	6831.00	8532.50	8532.50
benefice brut :	1423.62	2575.08	2575.21
benefice net :	1261.05	2239.22	2239.90
solde de trésorerie :	-256.34	2255.36	2614.40
cashflow net :	633.31	7124.19	3417.01

valeur actualisée nette :	15.00 % =	7249.67
taux de rentabilité int.:	39.25 %	
rentabilité de prêts 1 :	102.76 %	
rentabilité de prêts 2 :	71.94 %	

**Pièces produites by COMFAR**

Investissement initial total	Cashflow
Investissement en cours de production	Bilan prévisionnel
Coûts totaux de production	Etat de recettes nettes
Fonds de roulement nécessaire	Source de financement



SECTION 1

A

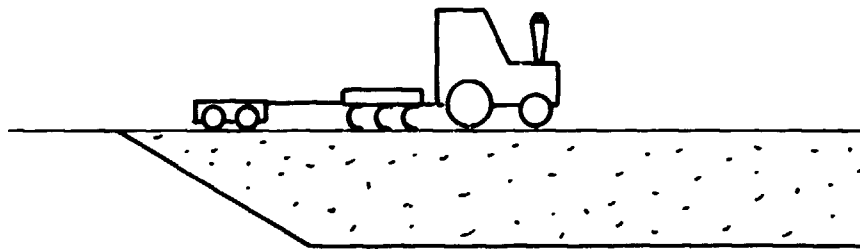
B

C

D

1.01

1.02



tailing

estimation

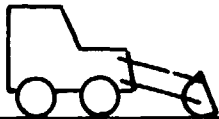


SECTION 2

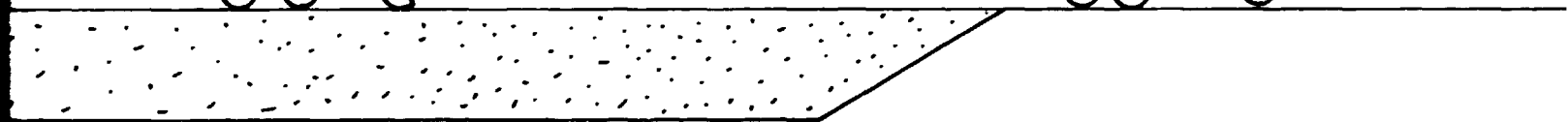
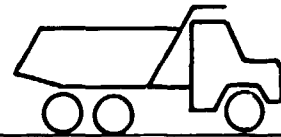
1. Mining

(1 shift/d with 7h)

1.03



1.04



tailings deposit

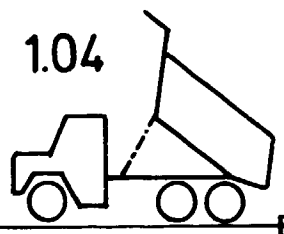
tion of evaporation total approx.  $22\text{ m}^3/\text{h}$



SECTION 3



emergency  
stock pile



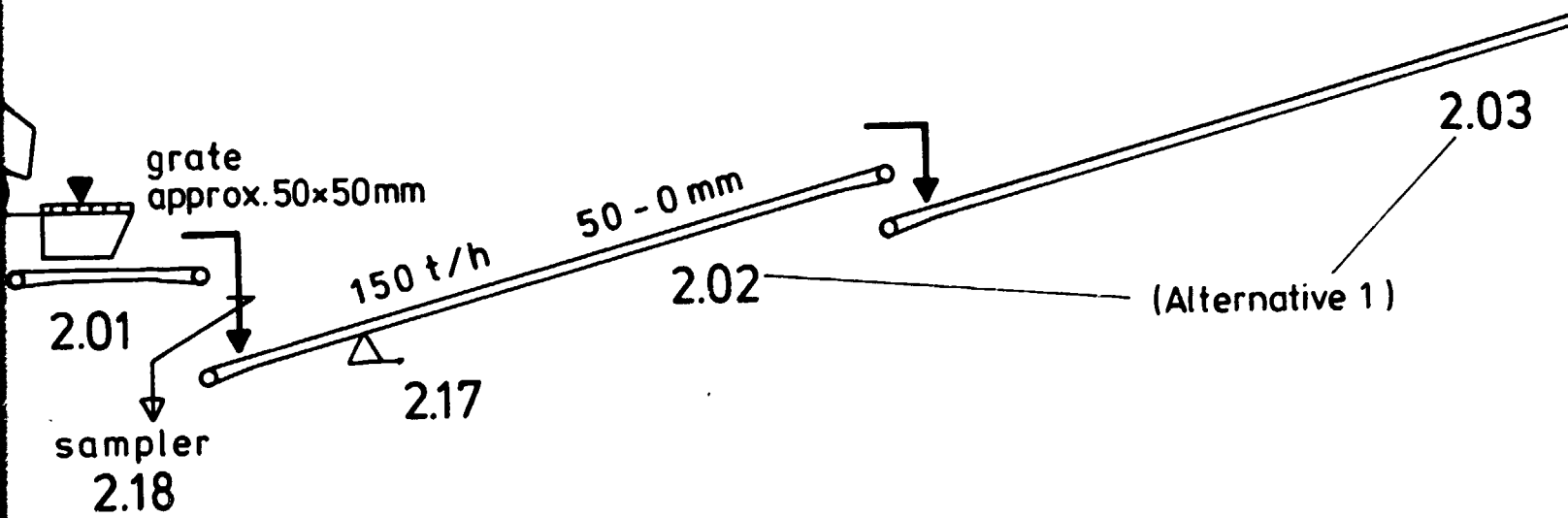
1.04



2.01

samp  
2.1

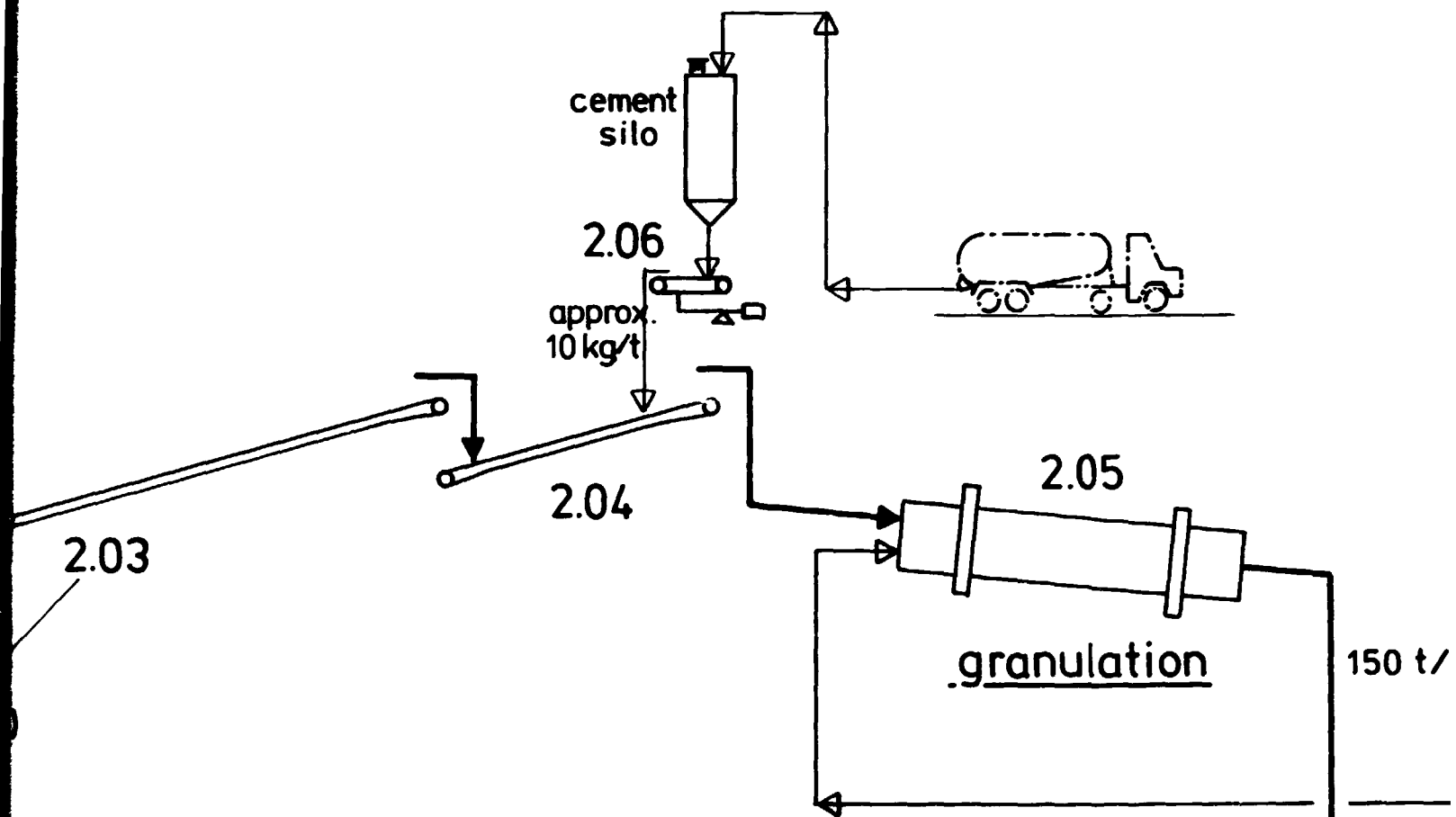
SECTION 4



2. Preparat

(1 shift/d with 7h

# SECTION 5



aration  
with 7 h )

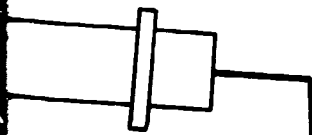
14'

15

# SECTION 6

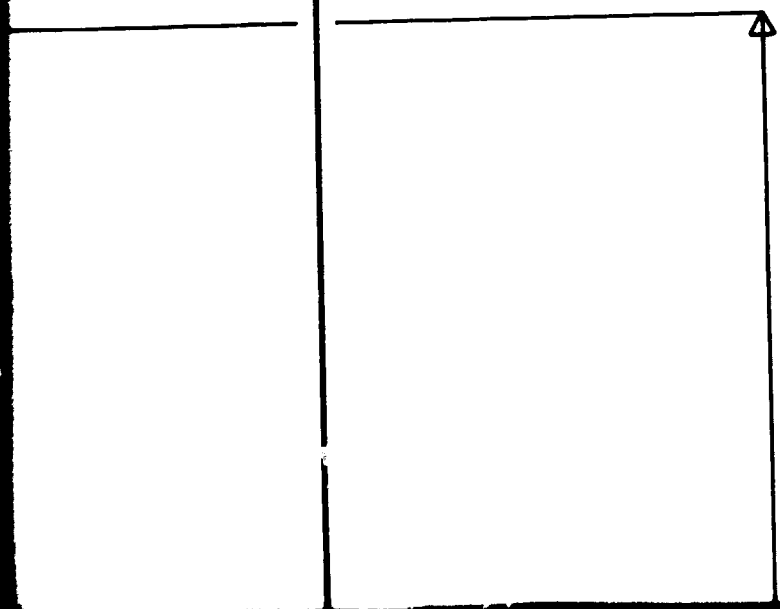


2.05



ulation

150 t/h



I

G

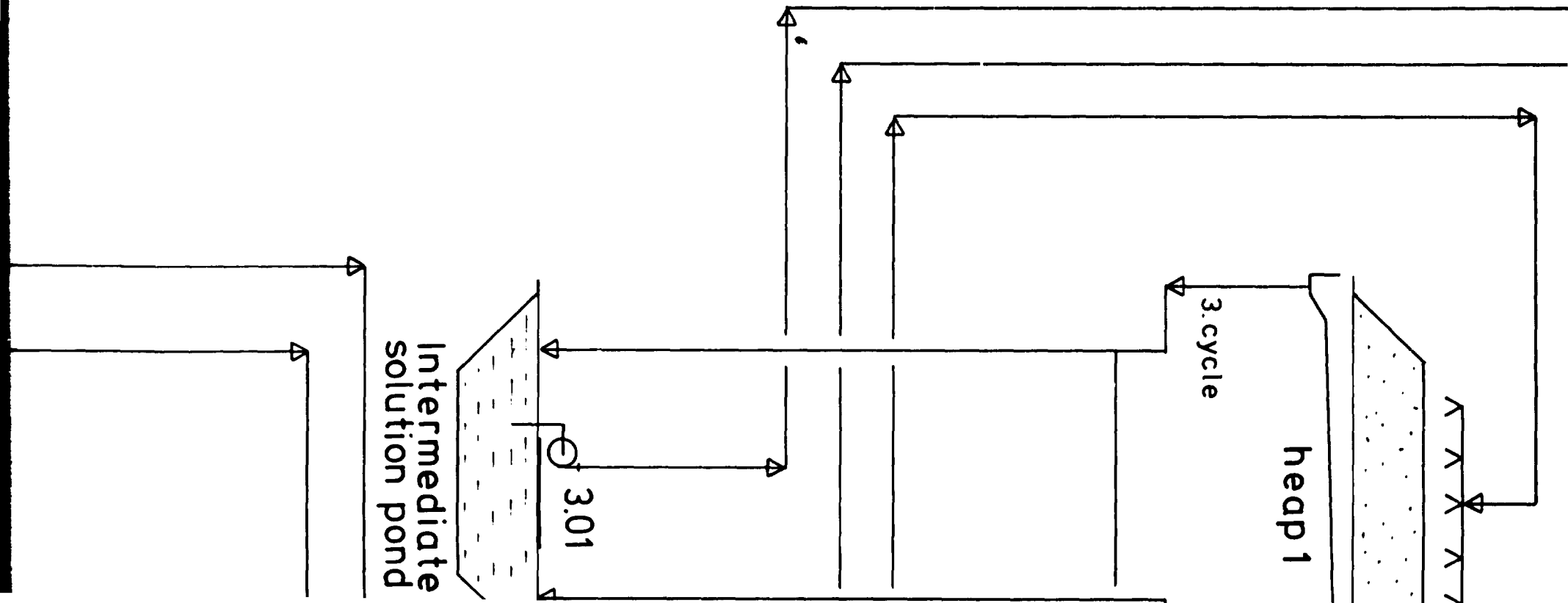
F

E

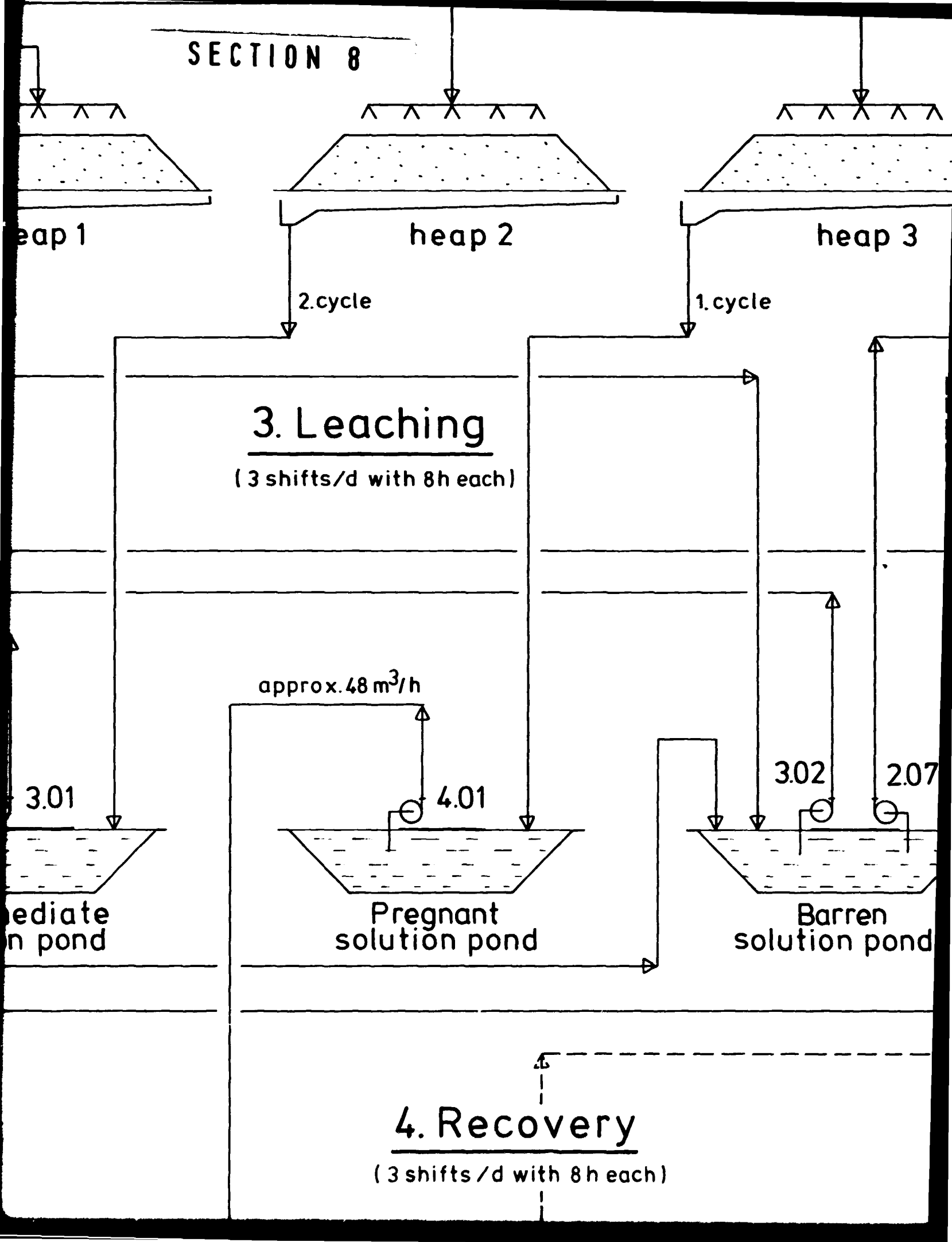
not public, but belongs to the Klöckner-Humboldt-Deutz Aktiengesellschaft, which has provided it solely for an  
as, firms or corporations who receive such information shall be deemed by their act of receiving and/or using same  
or other disclosure or use whatsoever of any or all such information except such restricted use as is expressly  
Klöckner-Humboldt-Deutz Aktiengesellschaft.

Klöckner-Humboldt-Deutz A.G.

SECTION 7



# SECTION 8



heap 1

heap 2

heap 3

2.cycle

1.cycle

## 3. Leaching

(3 shifts/d with 8h each)

approx. 48 m<sup>3</sup>/h

3.01

4.01

3.02

2.07

mediate  
n pond

Pregnant  
solution pond

Barren  
solution pond

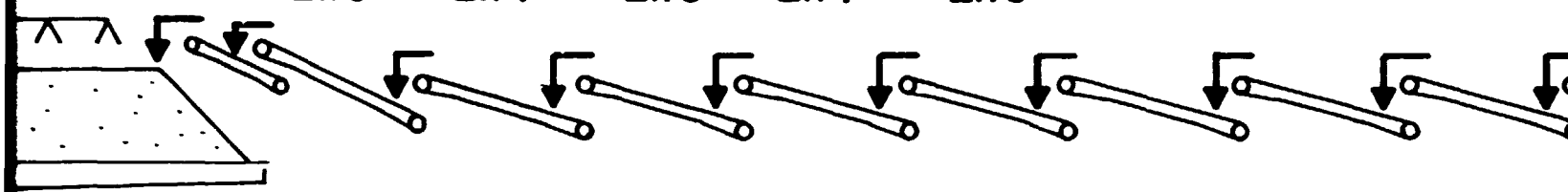
## 4. Recovery

(3 shifts/d with 8h each)

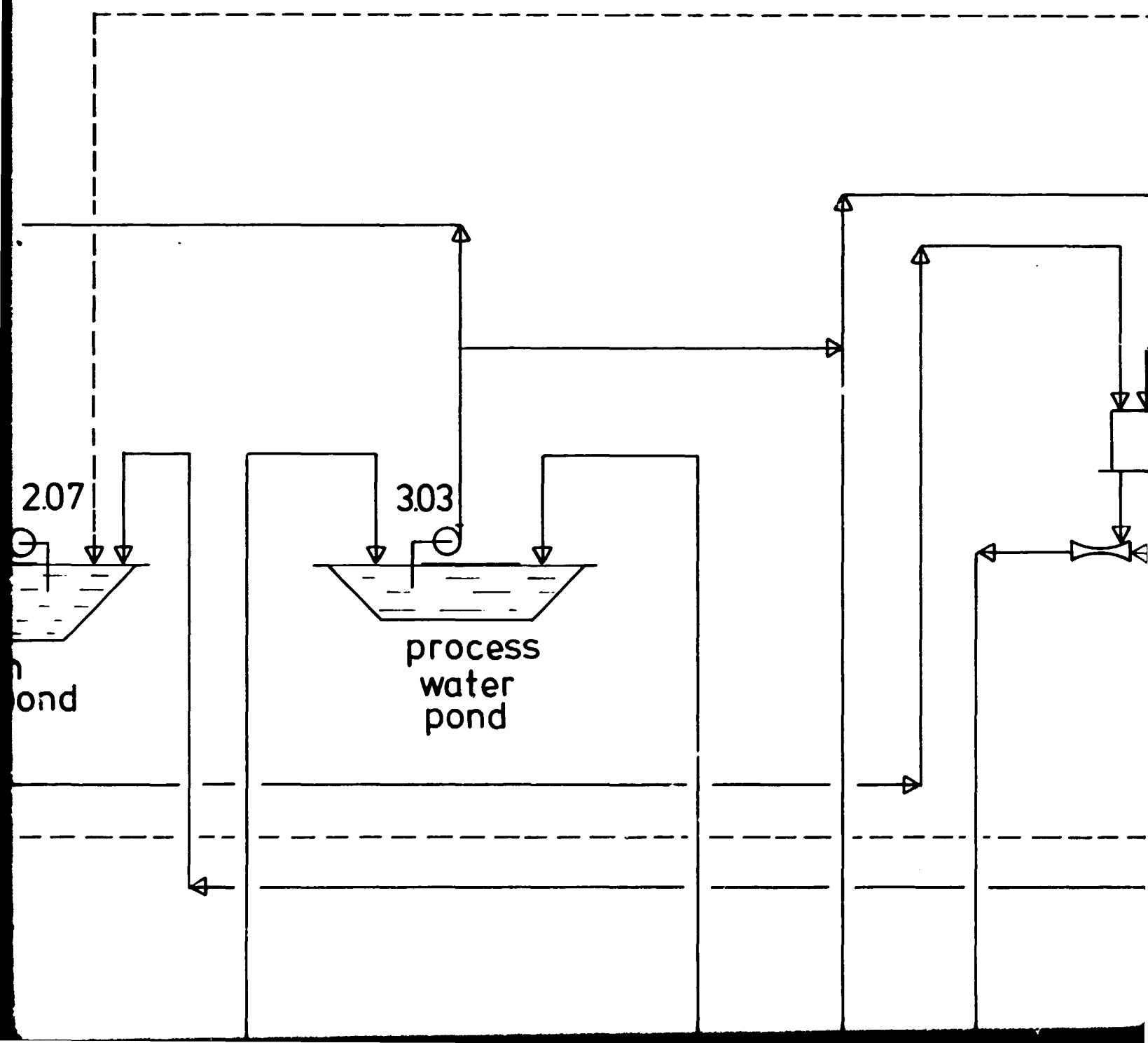


SECTION 9

2.16 2.14 2.15 2.14 2.13



p 3

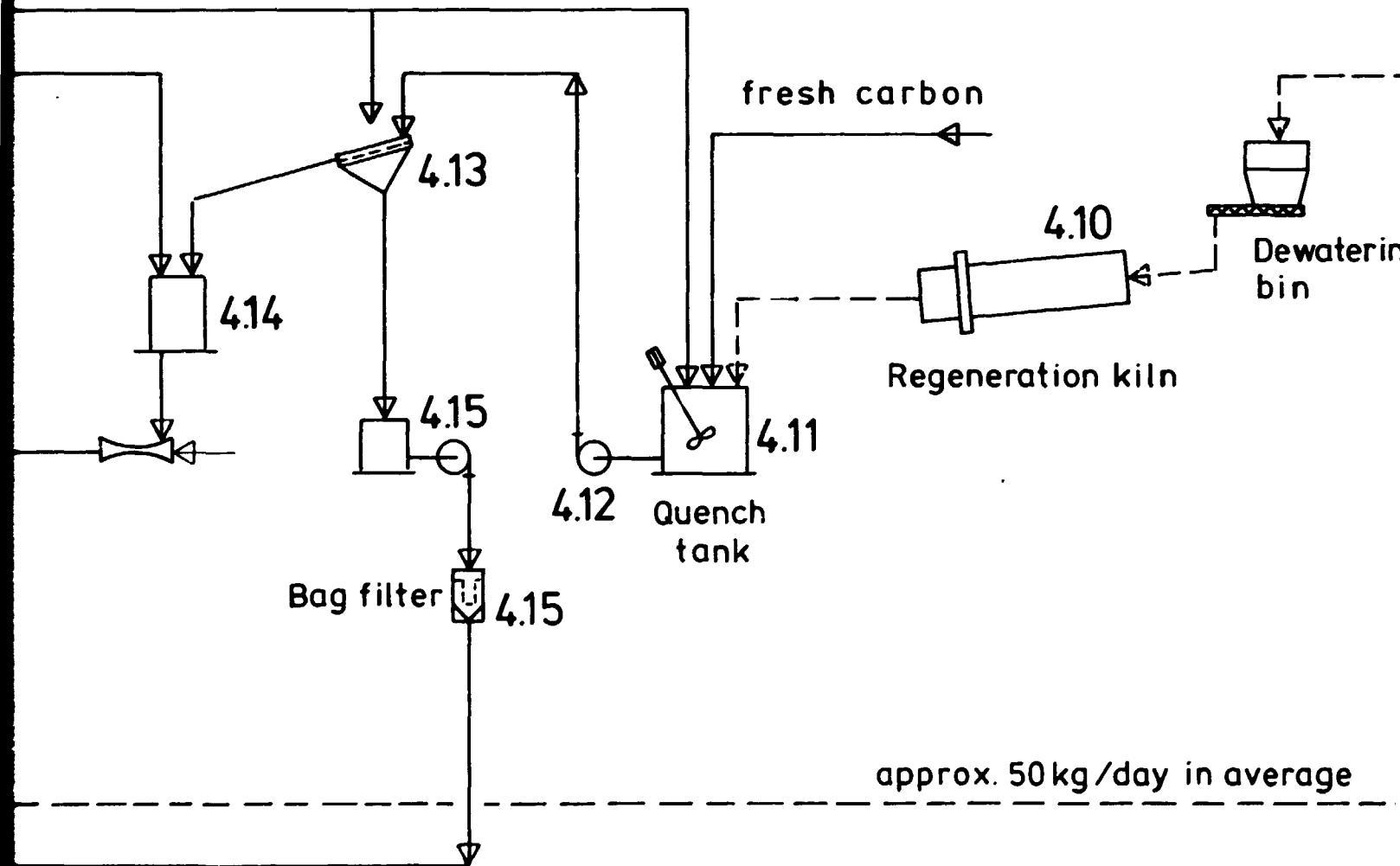


SECTION 10

2.13

2.12

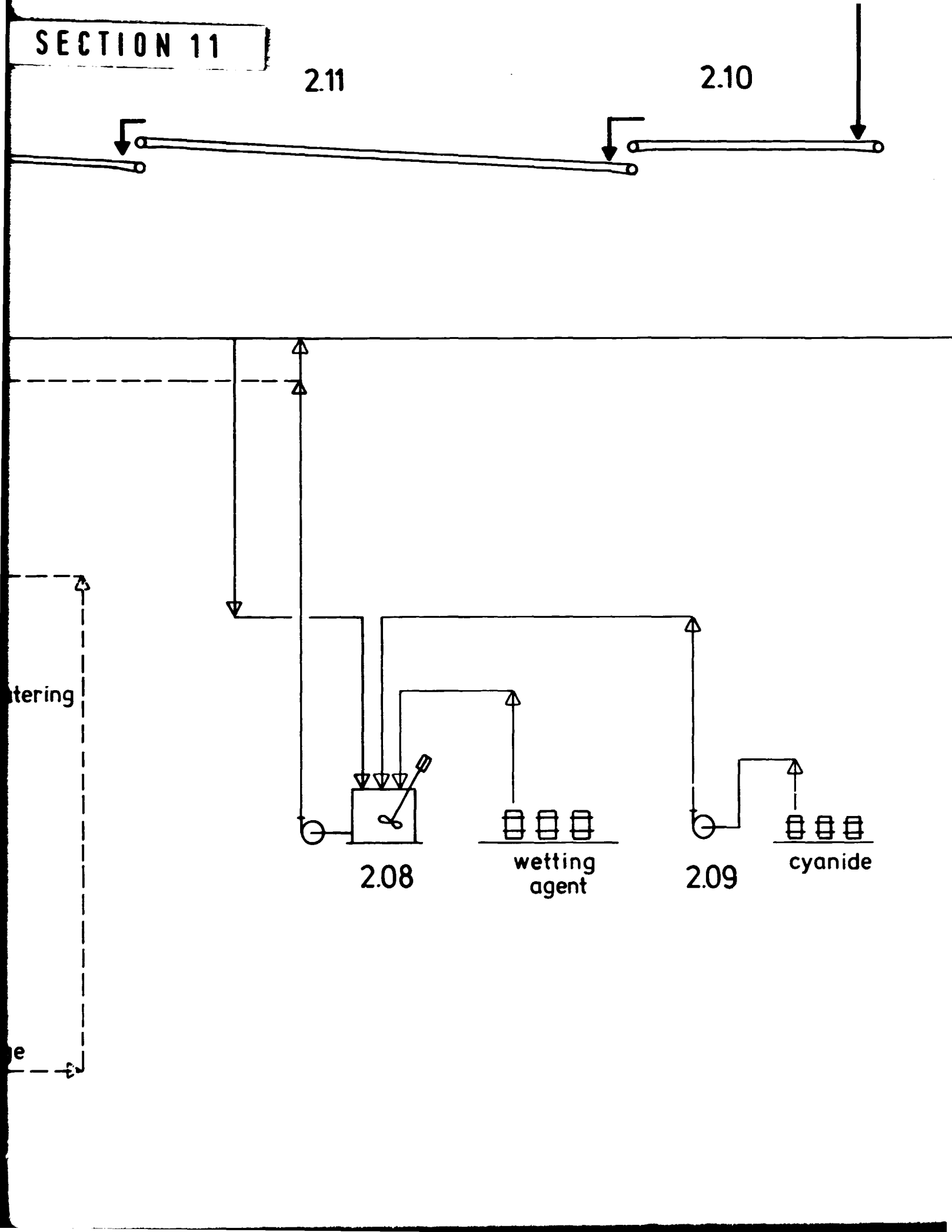
carbon regeneration



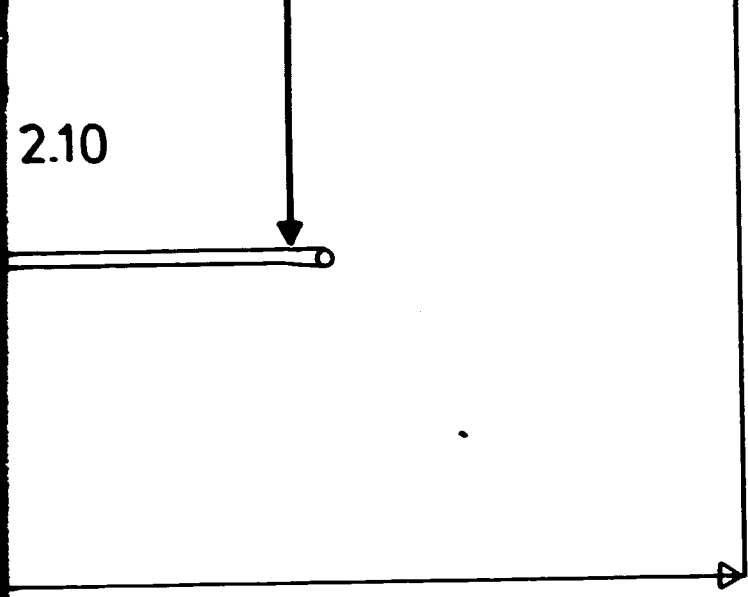
SECTION 11

2.11

2.10

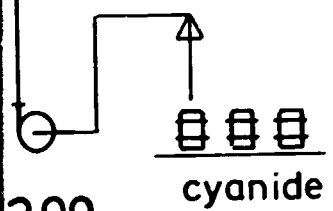


2.10



# SECTION 12

2.09



cyanide

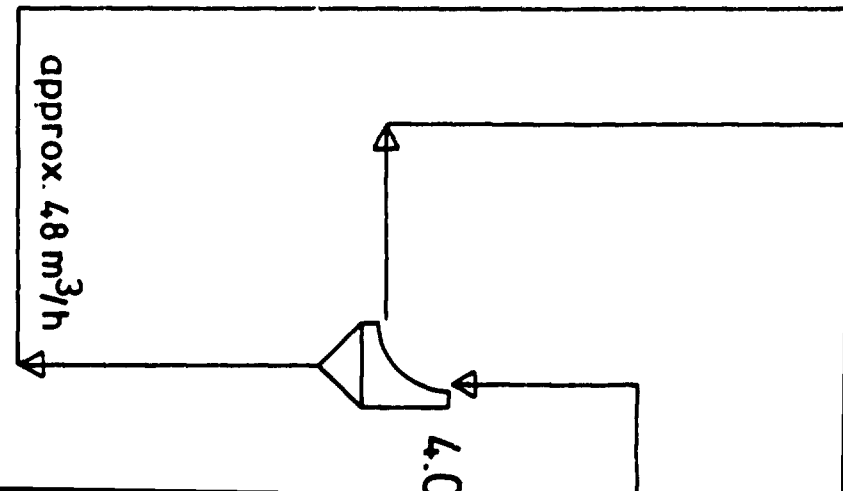
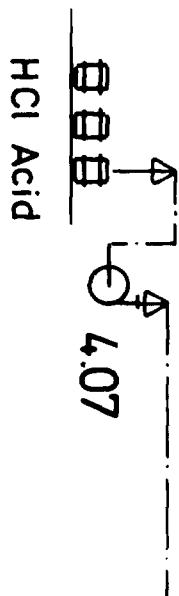
Das Urheberrecht an dieser Zeichnung gehört uns. Vervielfältigung ist unzulässig. Mitteilung des Zeichnungsinhaltes oder Zugänglichmachung oder Überlassung der Zeichnung an dritte Personen ist nicht gestattet. Die Zeichnung darf ferner ohne unsere vorherige ausdrückliche Zustimmung zu einem anderen Zweck, als sie dem Empfänger anvertraut worden ist nicht benutzt werden. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder Gebrauchsmustereintragung vorbehalten.

Klöckner-Humboldt-Deutz A. G.

The information transmitted herewith is not public, but belongs to expressly restricted private use. All persons, firms or corporations to have agreed to make no duplication or other disclosure without authorized in writing by the Klöckner-Humboldt-Deutz Aktiengesellschaft.

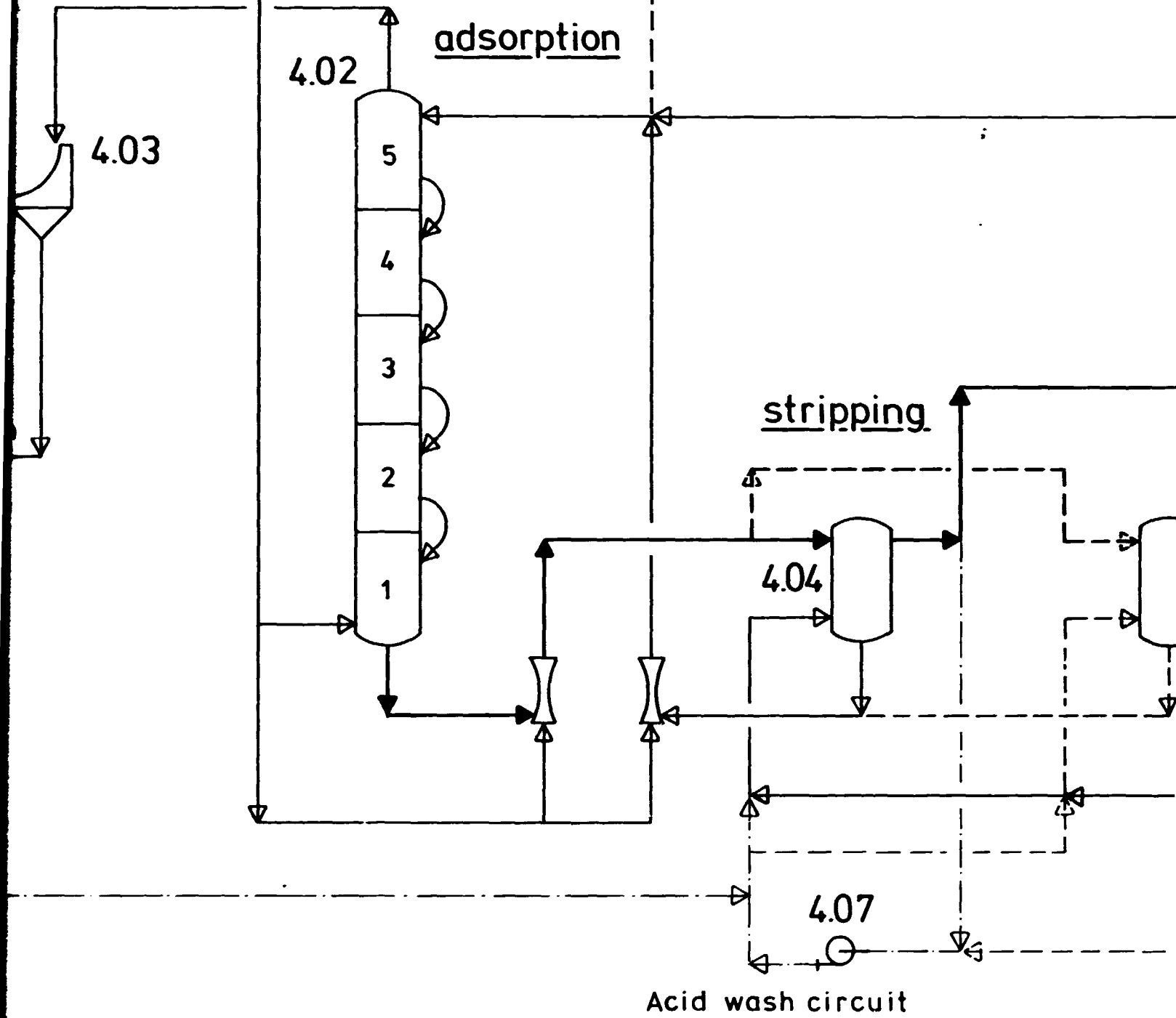
Klöckner-Humboldt-Deutz A. G.

SECTION 13

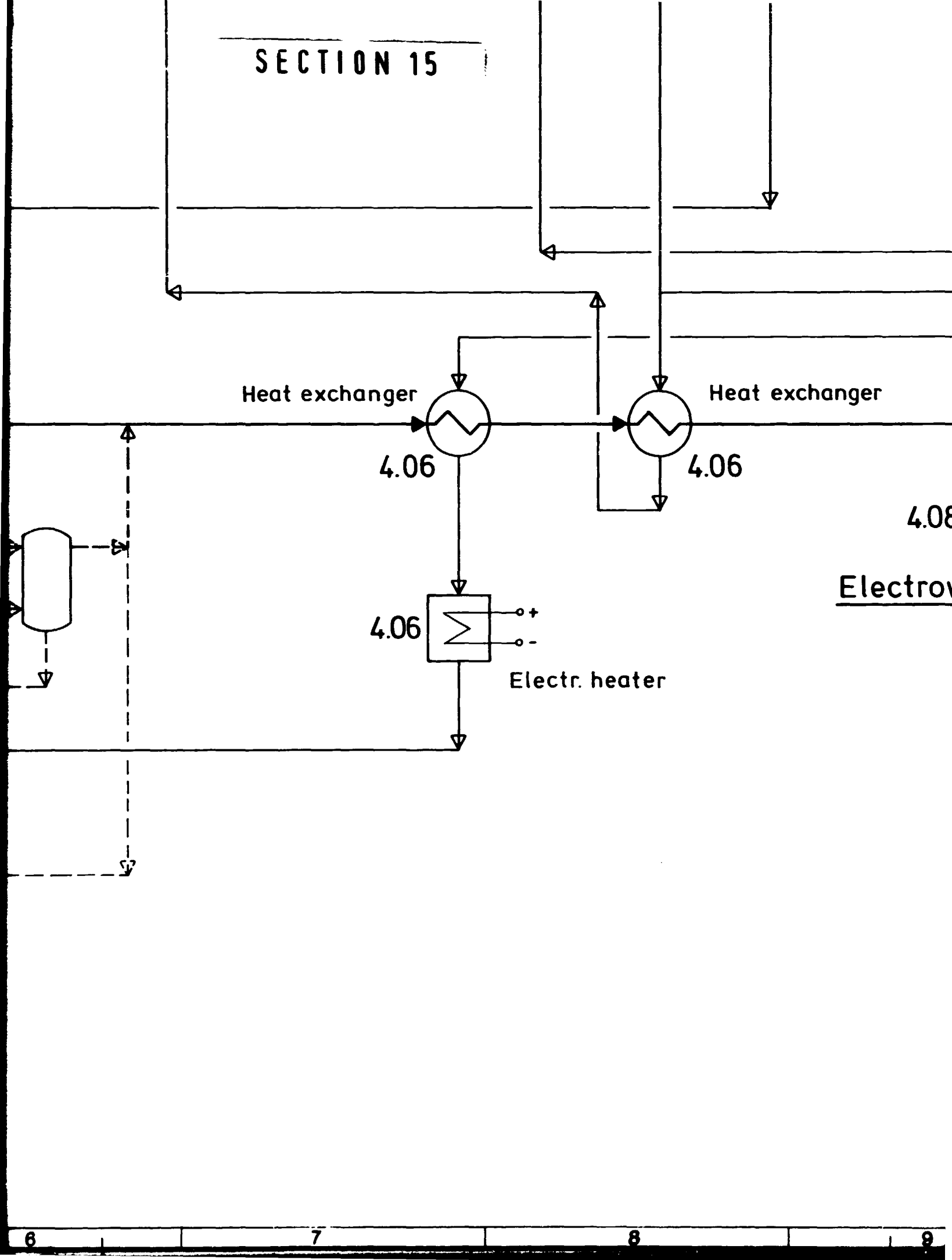


(3 shifts / d with 8 h each)

SECTION 14

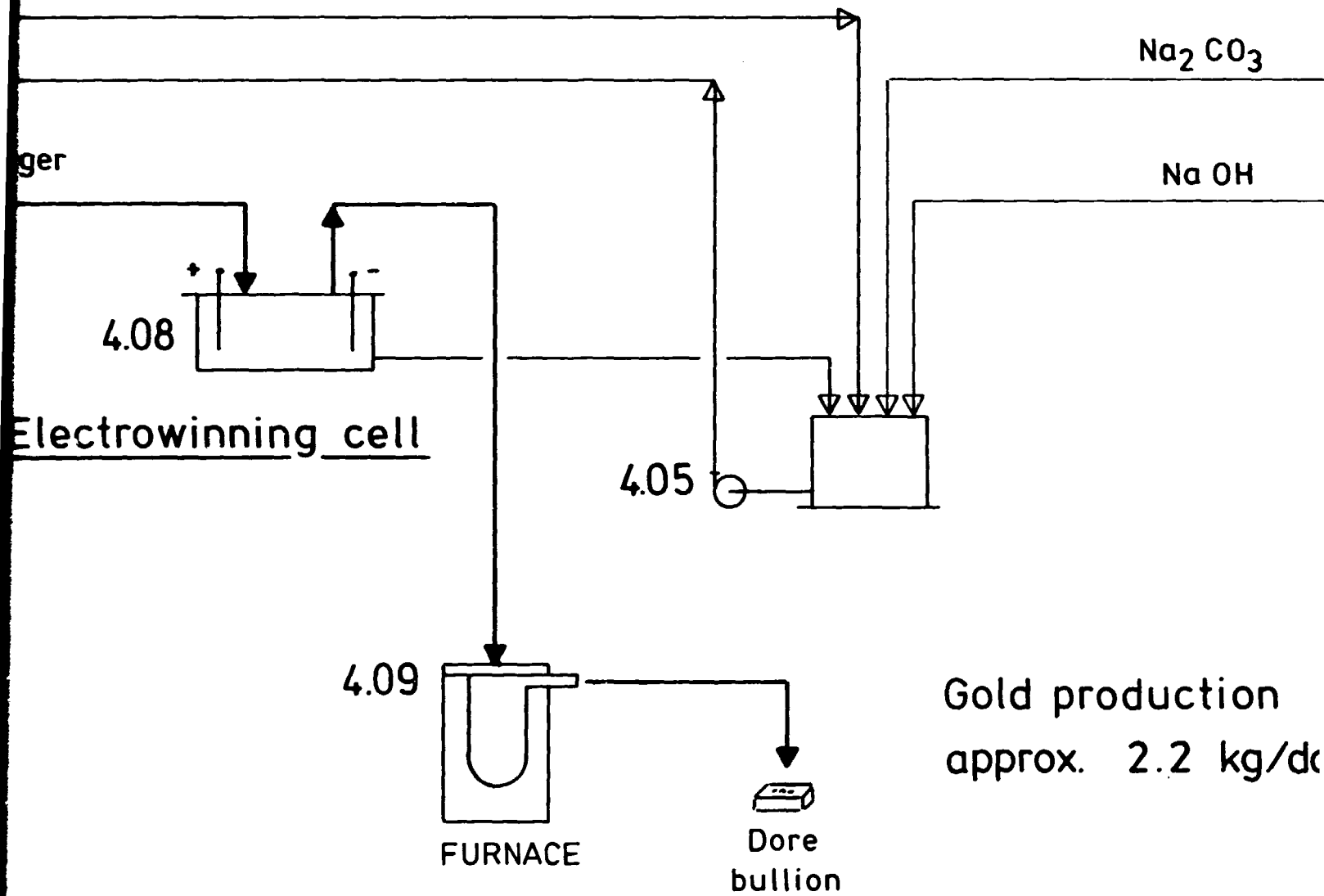


SECTION 15



SECTION 16

fresh water supply approx. 35 m<sup>3</sup>/h in average









2,185,000

560,600

560,800

# SECTION 1

2,184,800

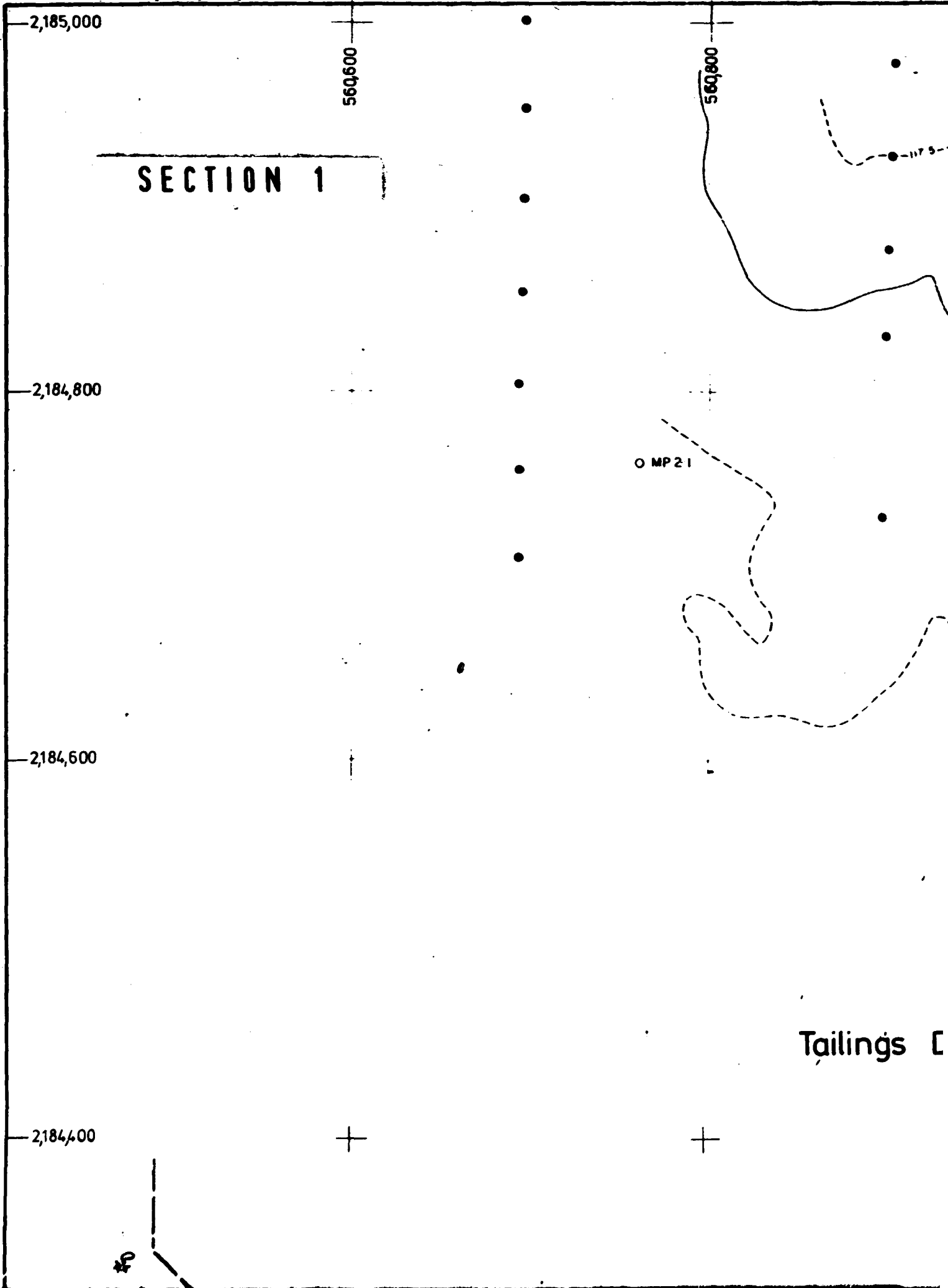
O MP21

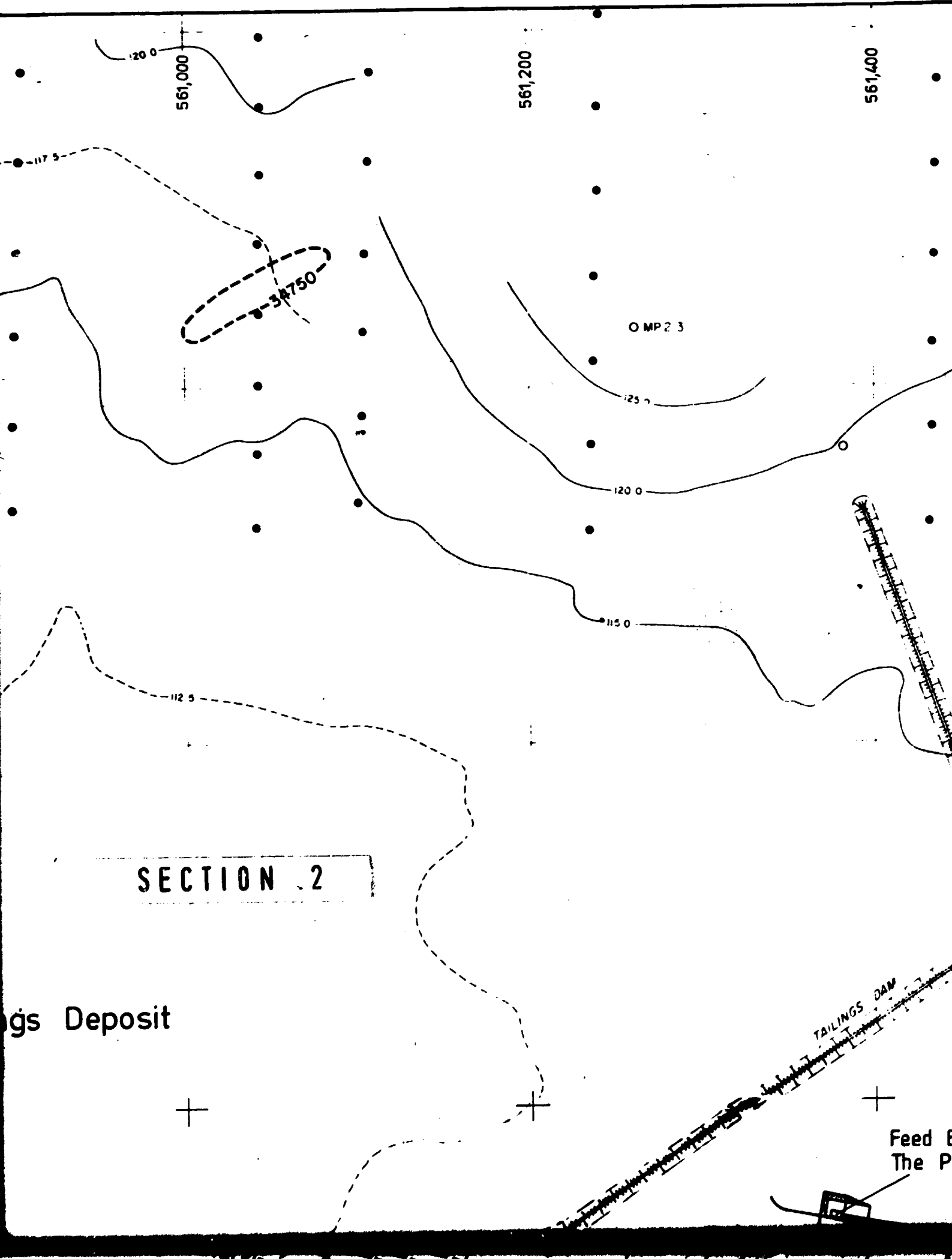
2,184,600

2,184,400

Tailings C

40





561,000

561,200

561,400

120.0

OMP 2.3

125.0

120.0

115.0

112.5

SECTION 2

gs Deposit

TAILINGS DAM

Feed B  
The Pl

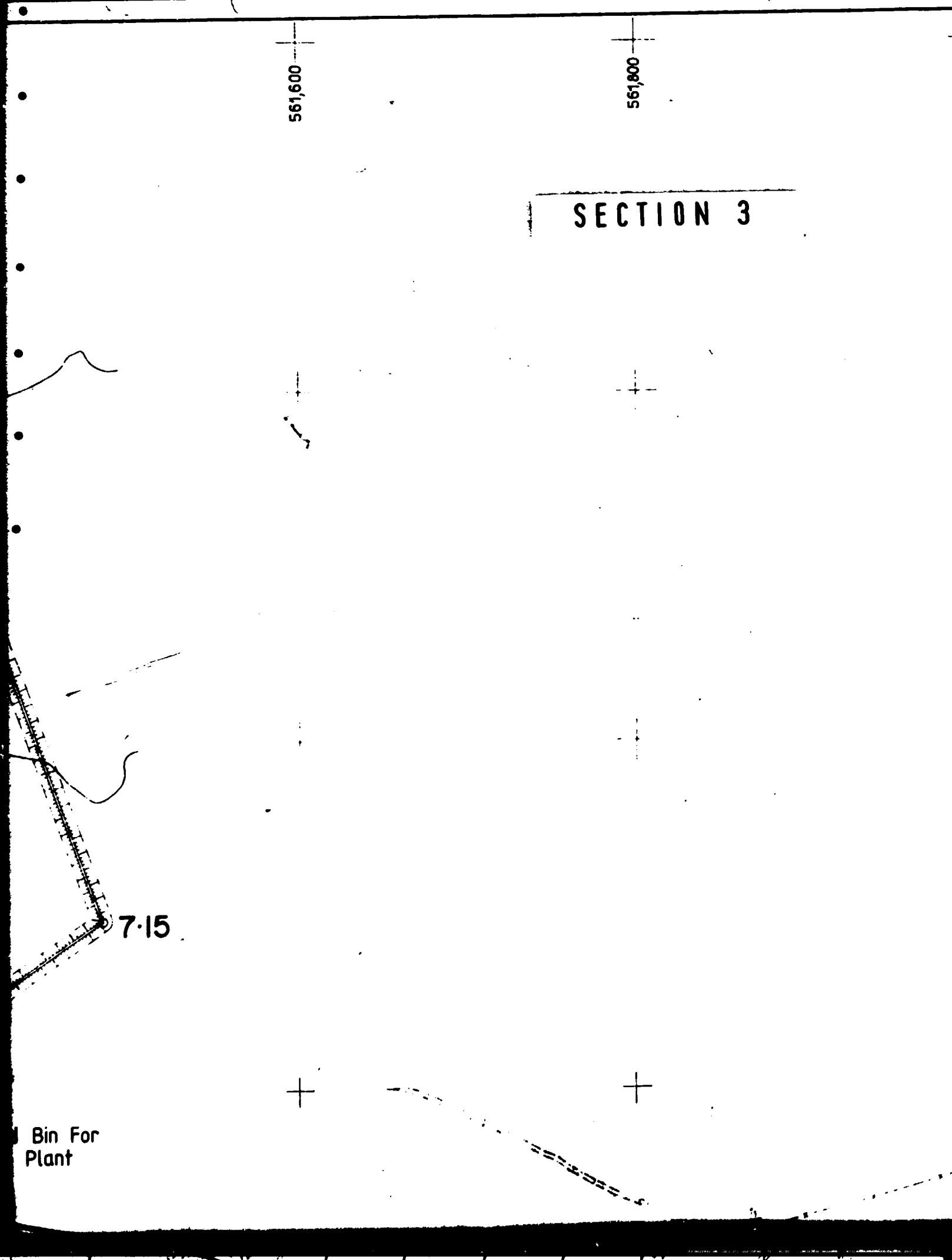
561,600

561,800

SECTION 3

7.15

Bin For  
Plant



562,000

562,200

562,400

SECTION 4

12

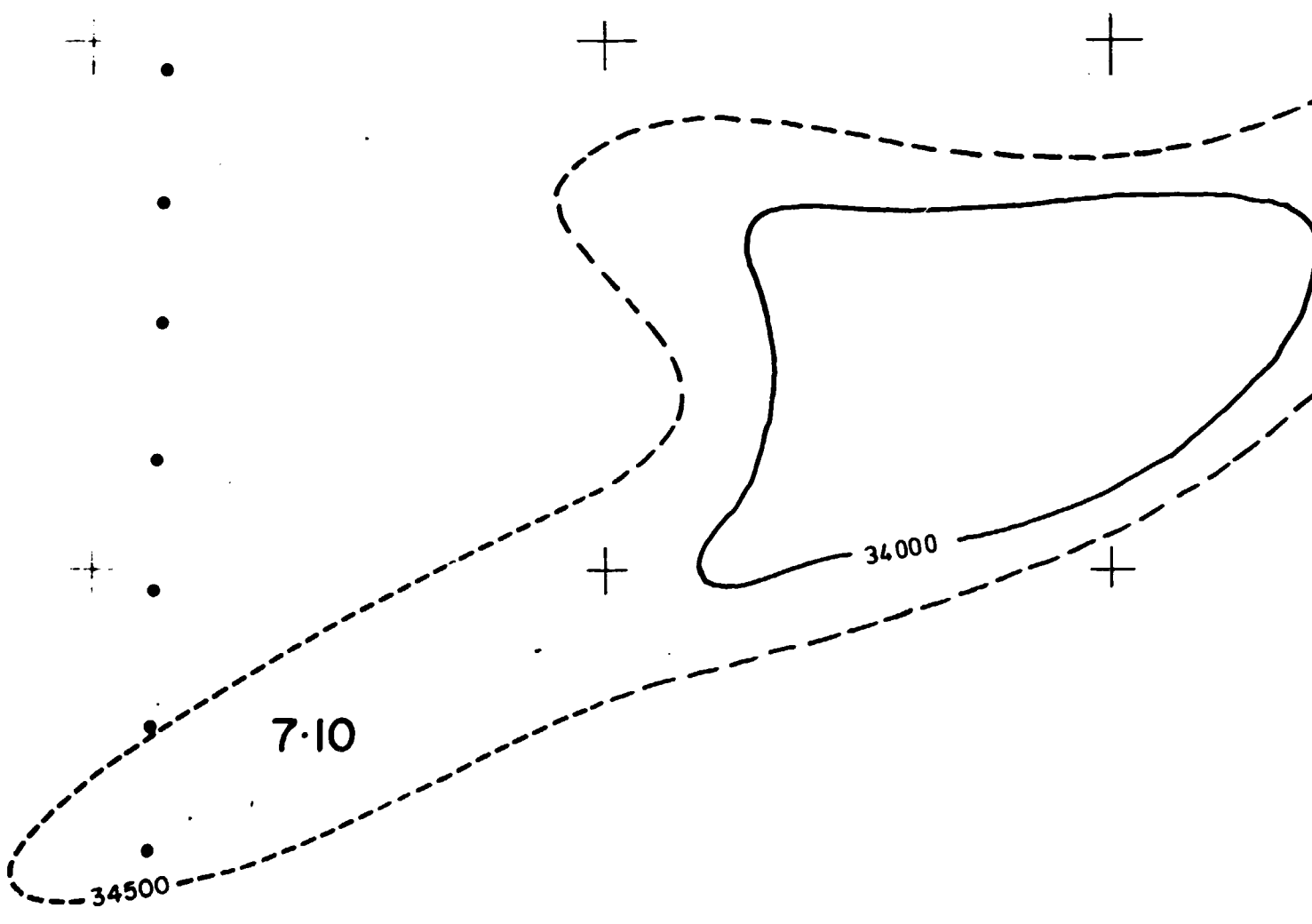


562,600

562,800

563,000

SECTION 5

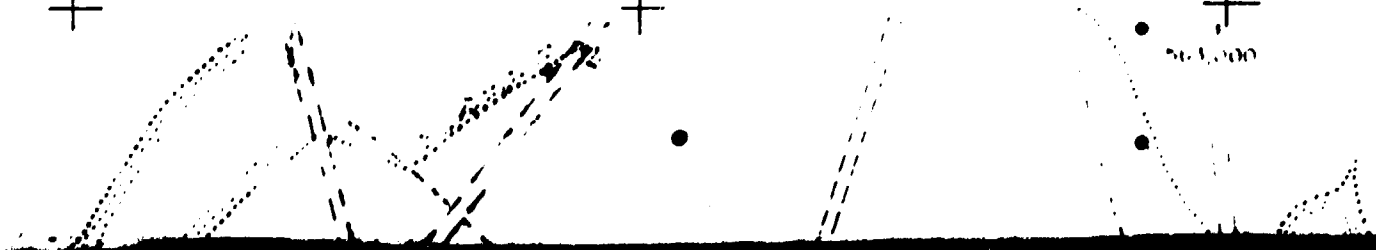


+

+

+

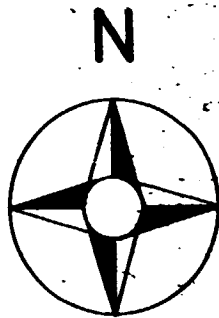
563,000



563,000 +

563,200 +

SECTION 6



34,000

563,000

563,200





Tailing Area

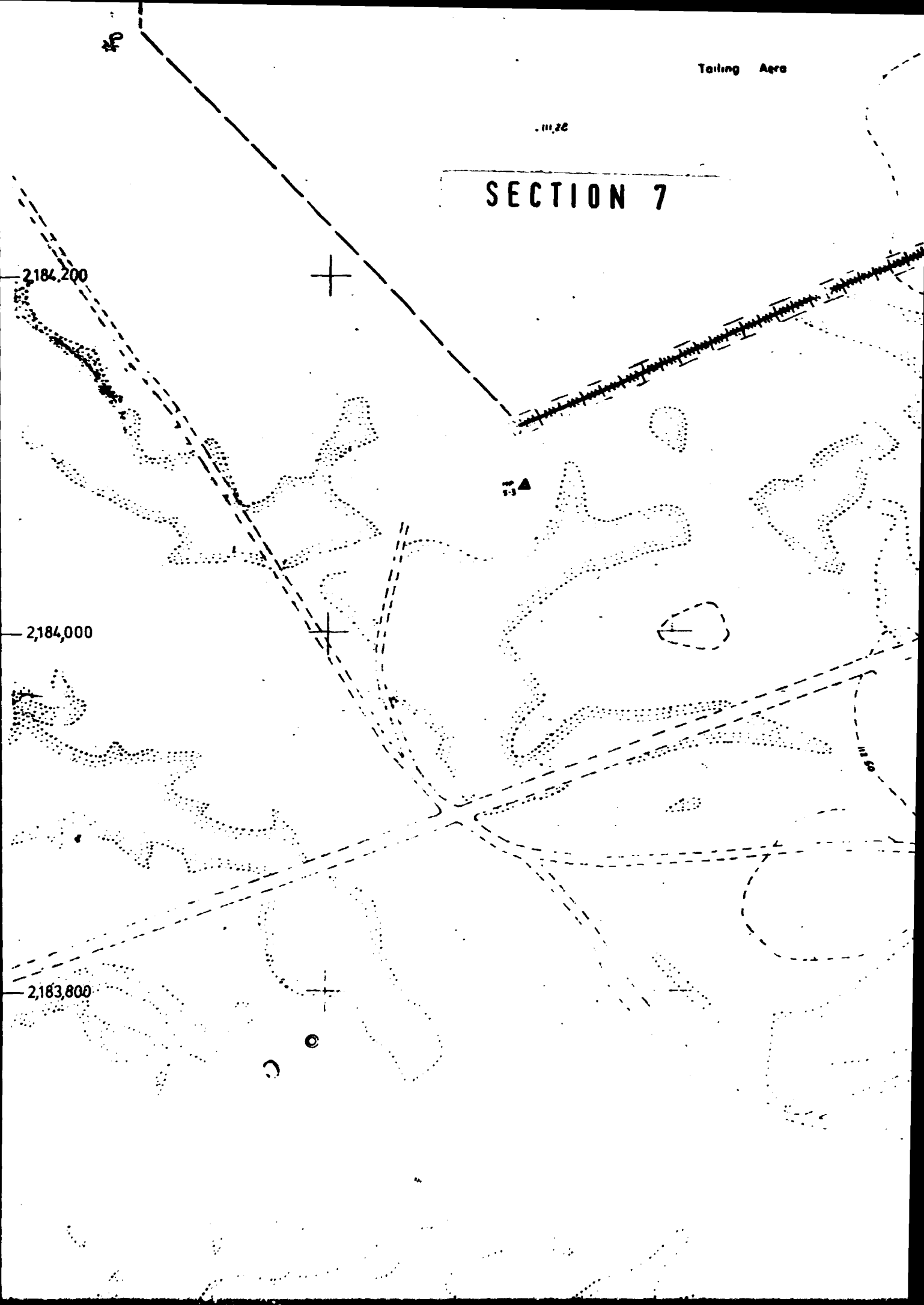
111.22

# SECTION 7

2184,200

2184,000

2183,800



SECTION 8

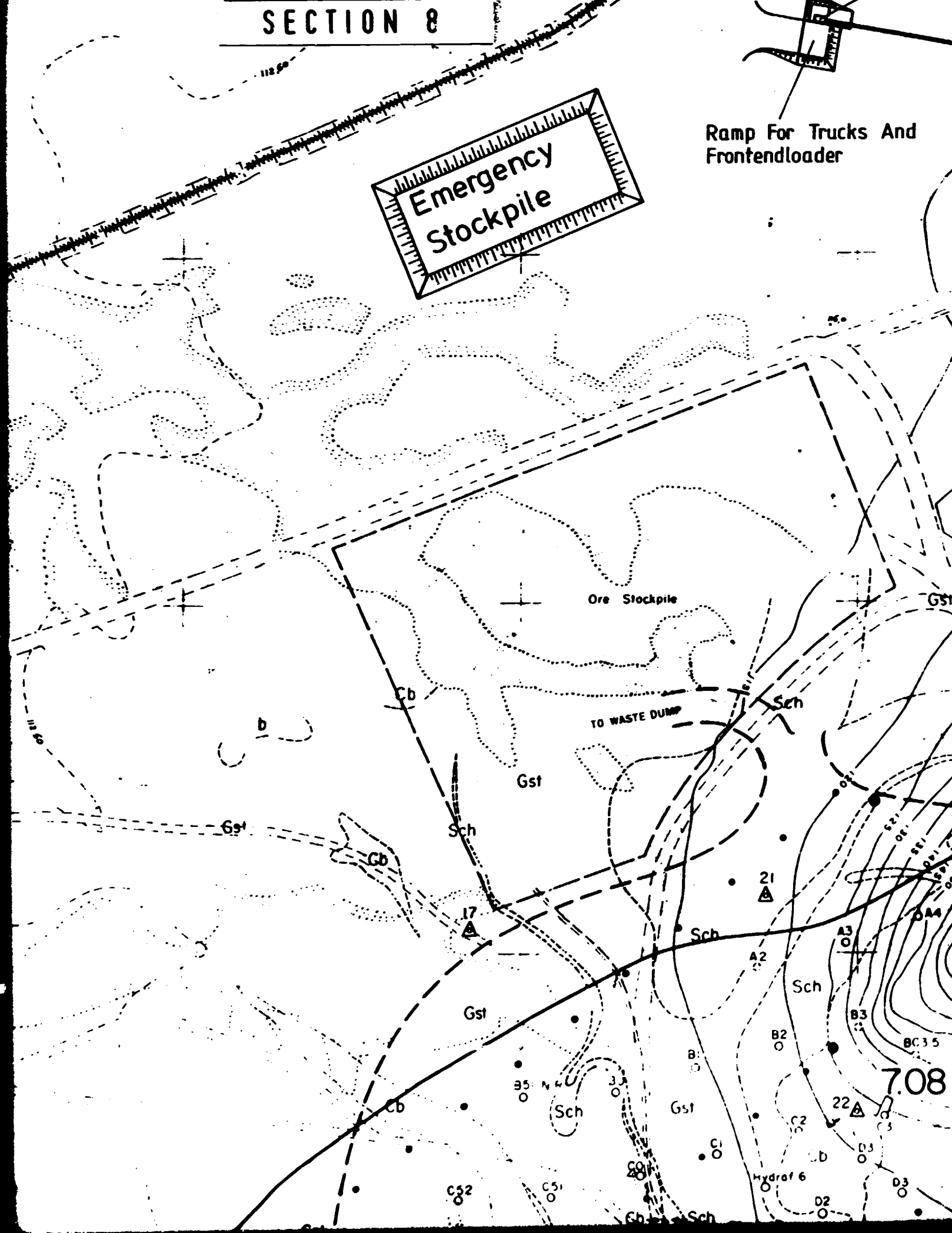
Ramp For Trucks And Frontendloader

Emergency Stockpile

Ore Stockpile

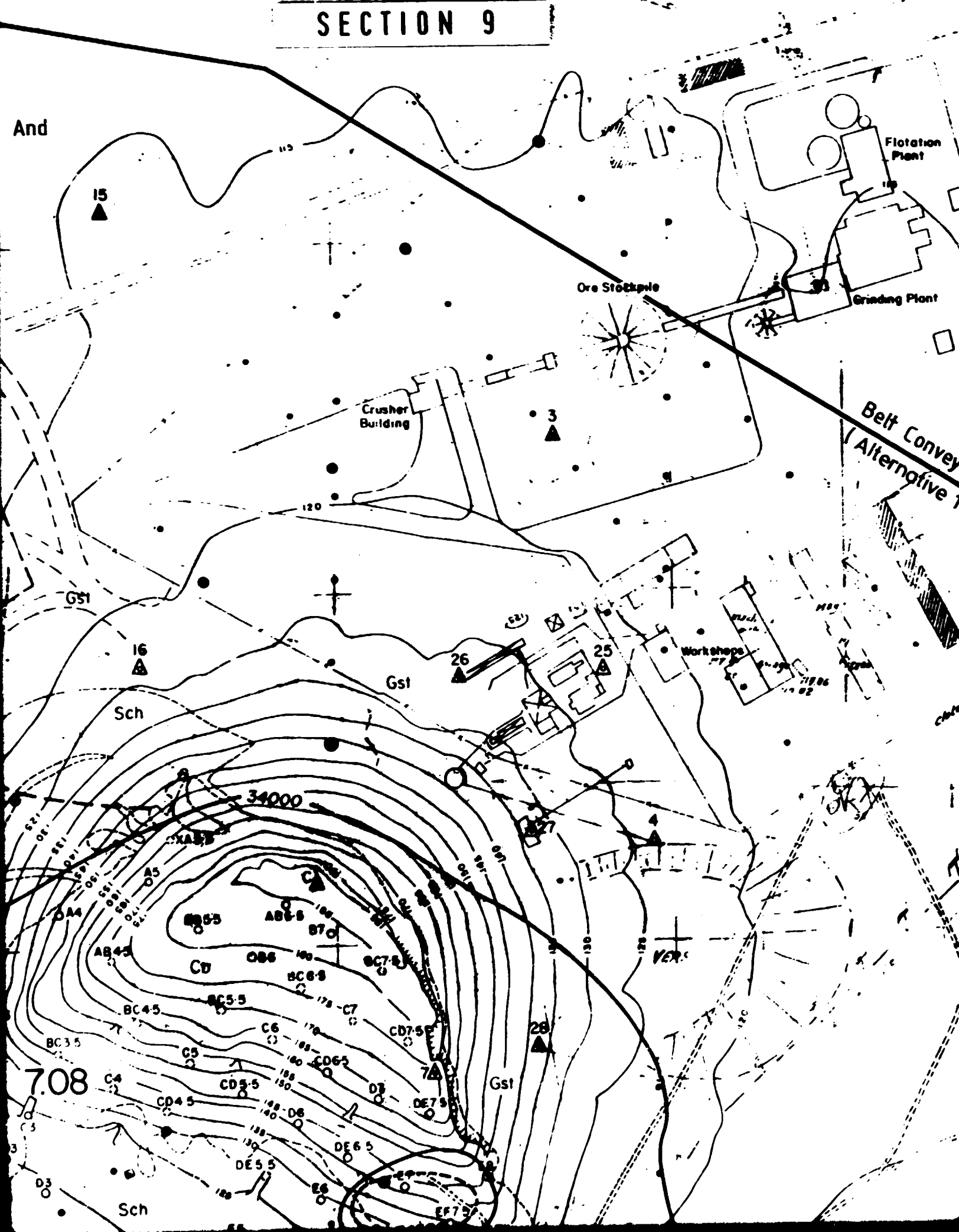
TO WASTE DUMP

7.08

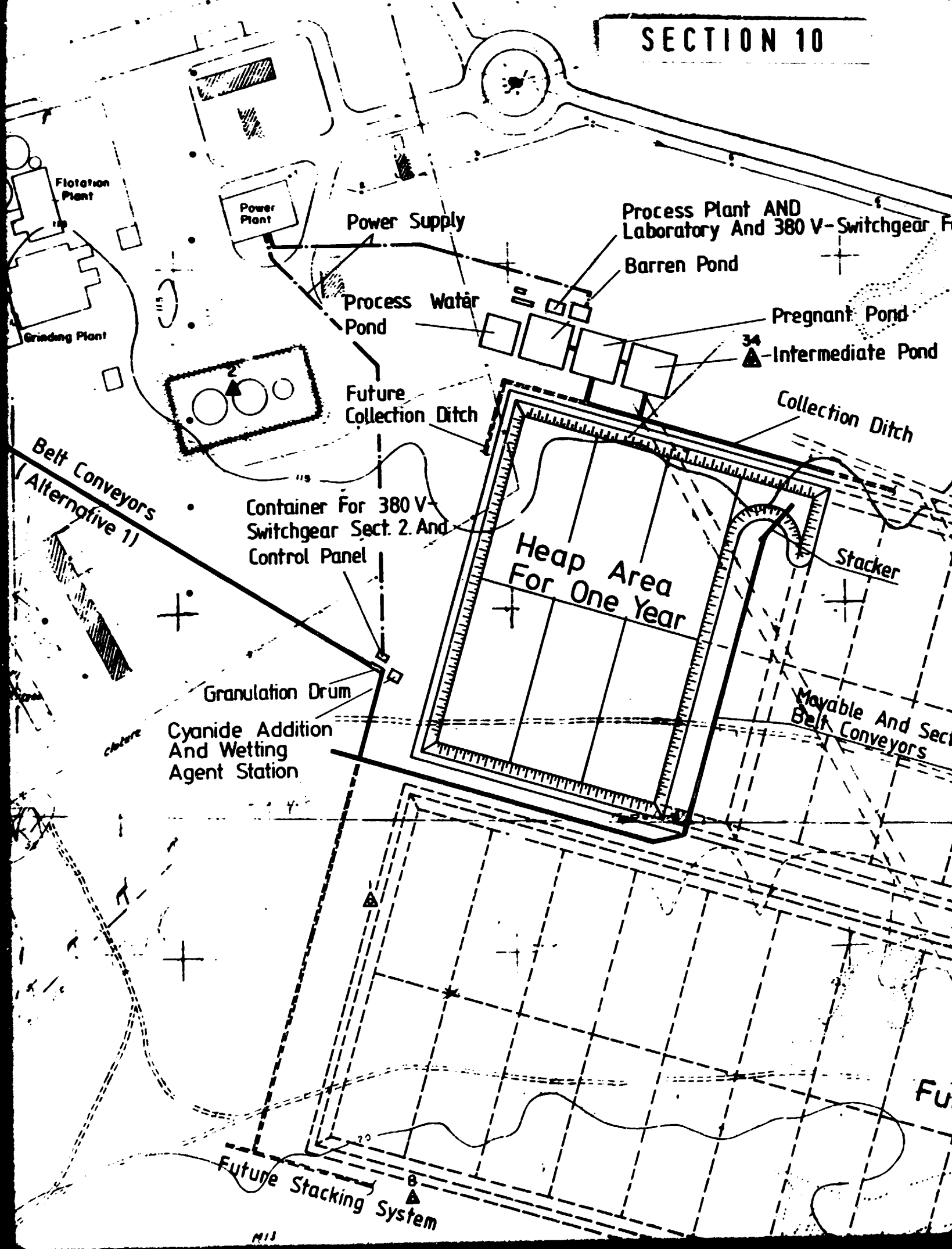


# SECTION 9

And



SECTION 10



Flotation Plant

Power Plant

Power Supply

Process Plant AND Laboratory And 380 V-Switchgear

Barren Pond

Process Water Pond

Pregnant Pond

34 Intermediate Pond

Grinding Plant

Future Collection Ditch

Collection Ditch

Belt Conveyors (Alternative 1)

Container For 380 V-Switchgear Sect. 2 And Control Panel

Heap Area For One Year

Stacker

Granulation Drum

Cyanide Addition And Wetting Agent Station

Movable And Sectional Belt Conveyors

Future Stacking System

FU

SECTION 11

withgear For Sections 3, 4. And 5.

Pond  
ate Pond

Ditch

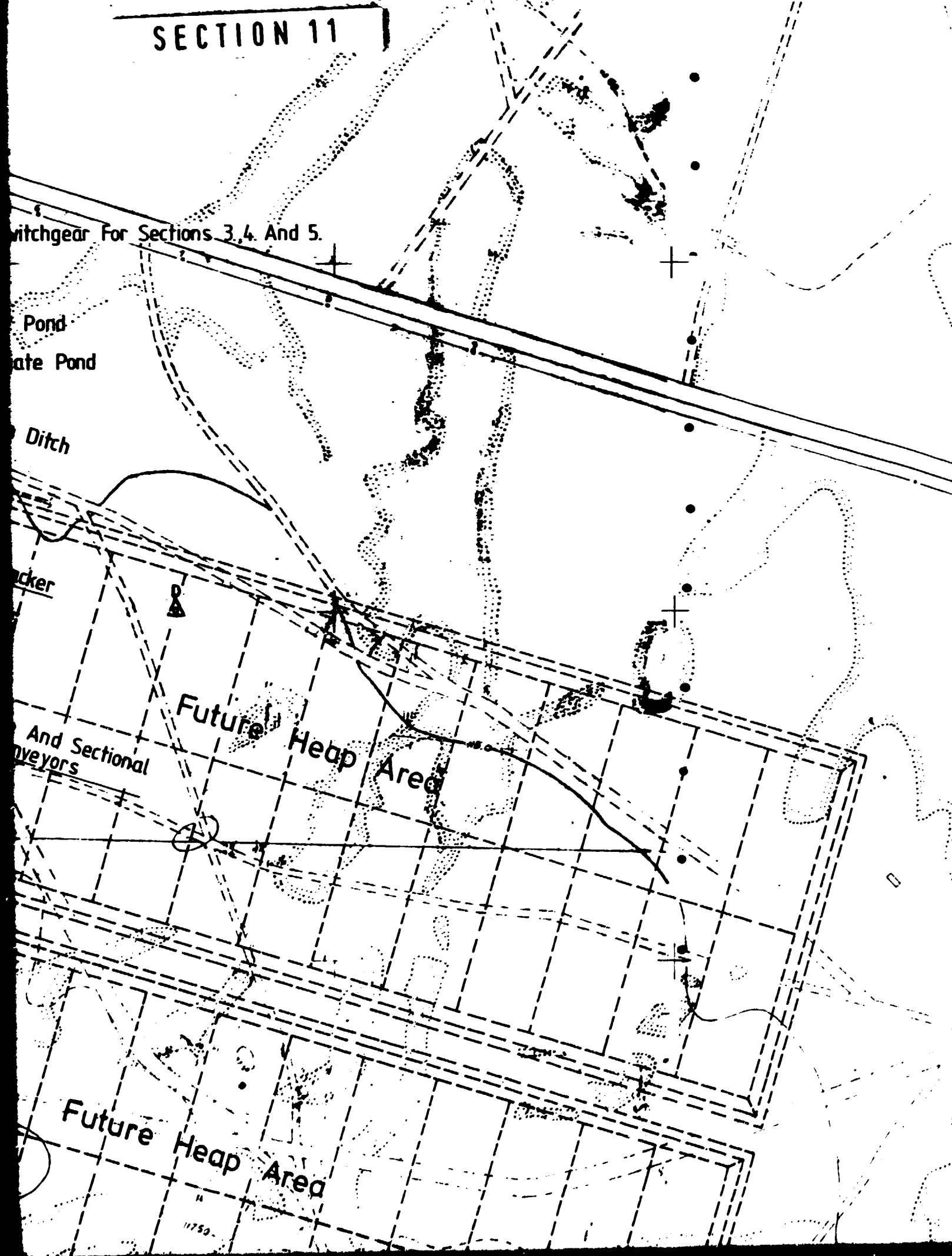
cker

And Sectional  
veyors

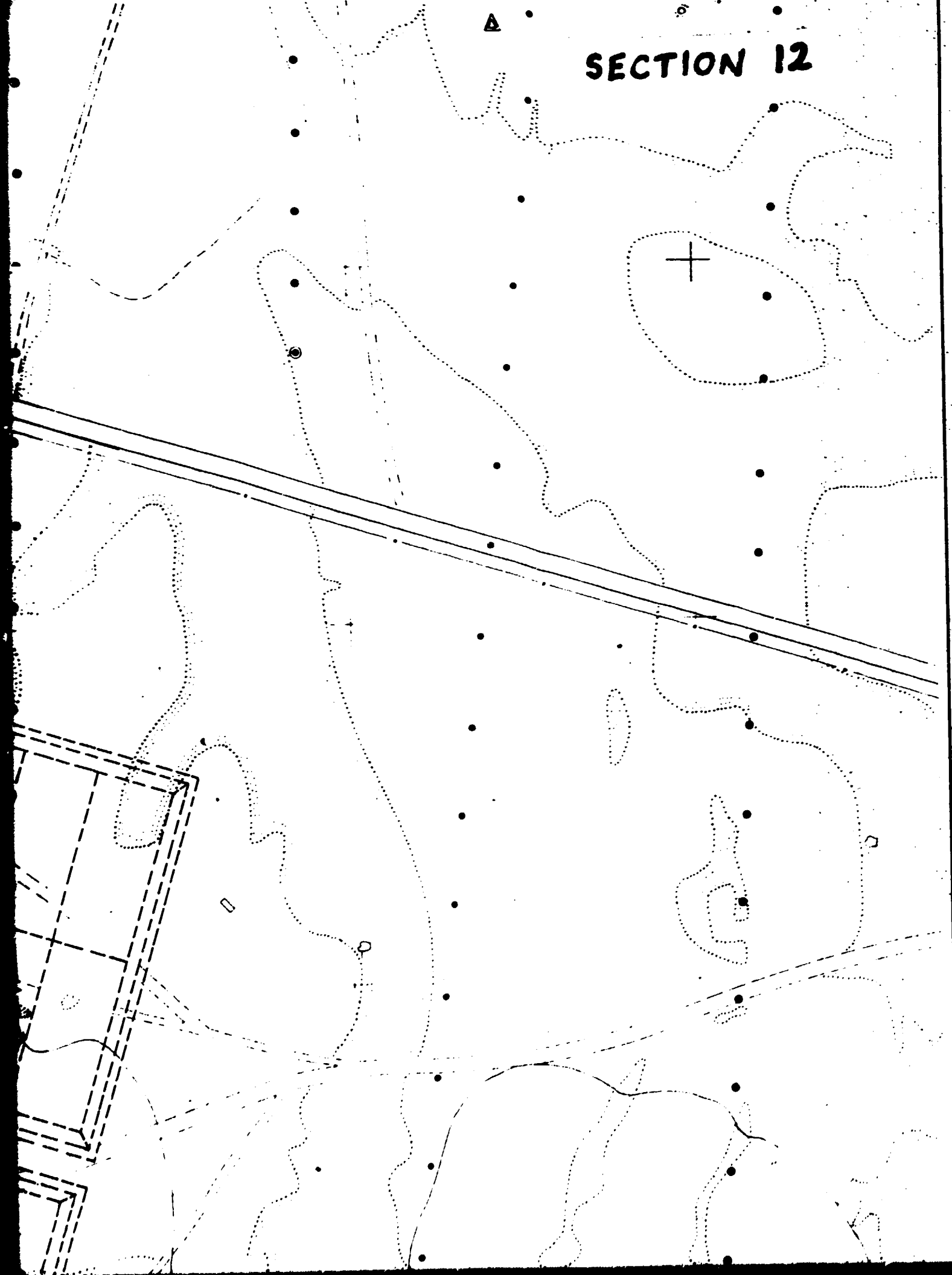
Future Heap Area

Future Heap Area

1750



SECTION 12



2,183,600

?



# SECTION 13

2,183,400

3

5

2,183,200

Δ

6

2,183,000

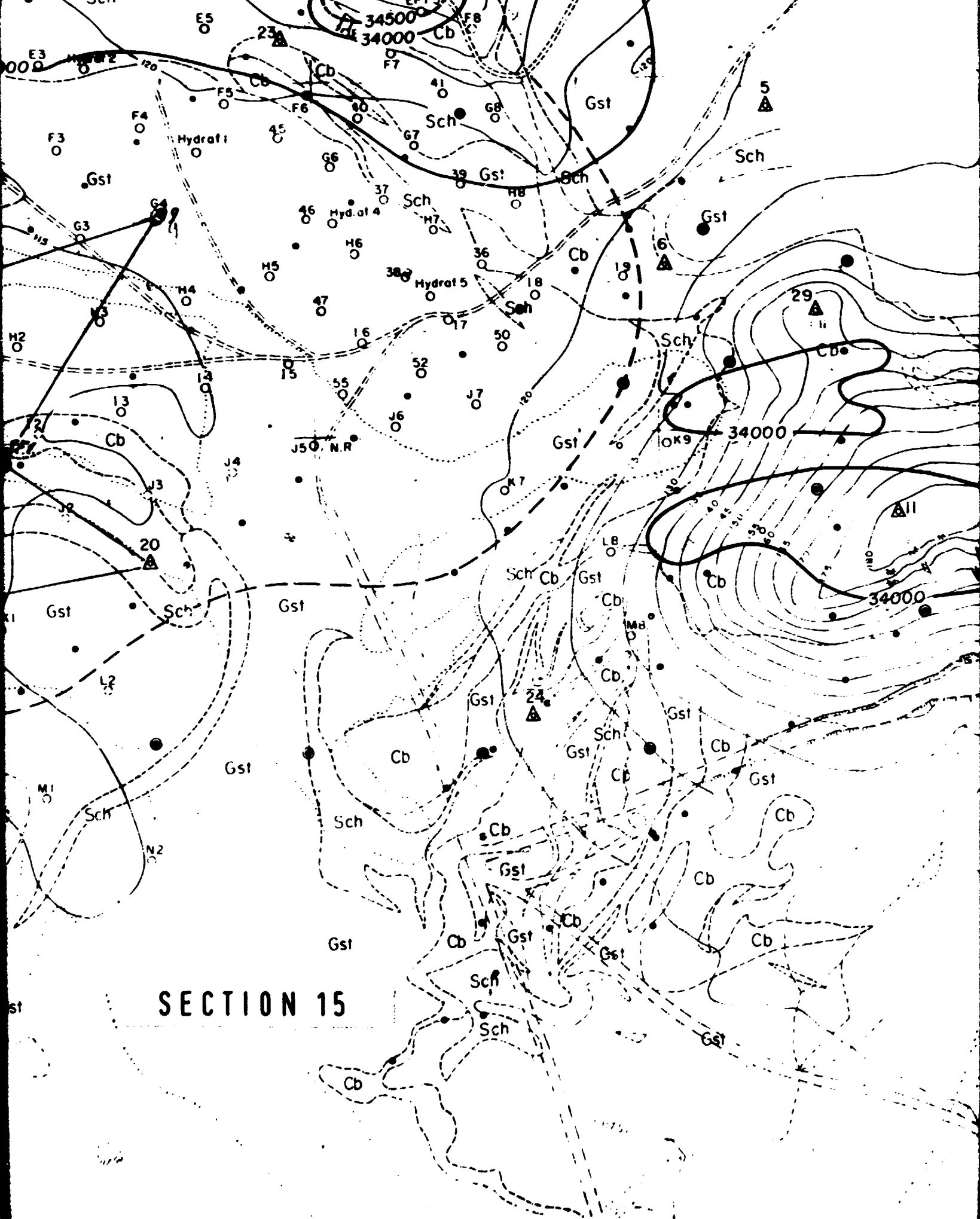
R

R

R

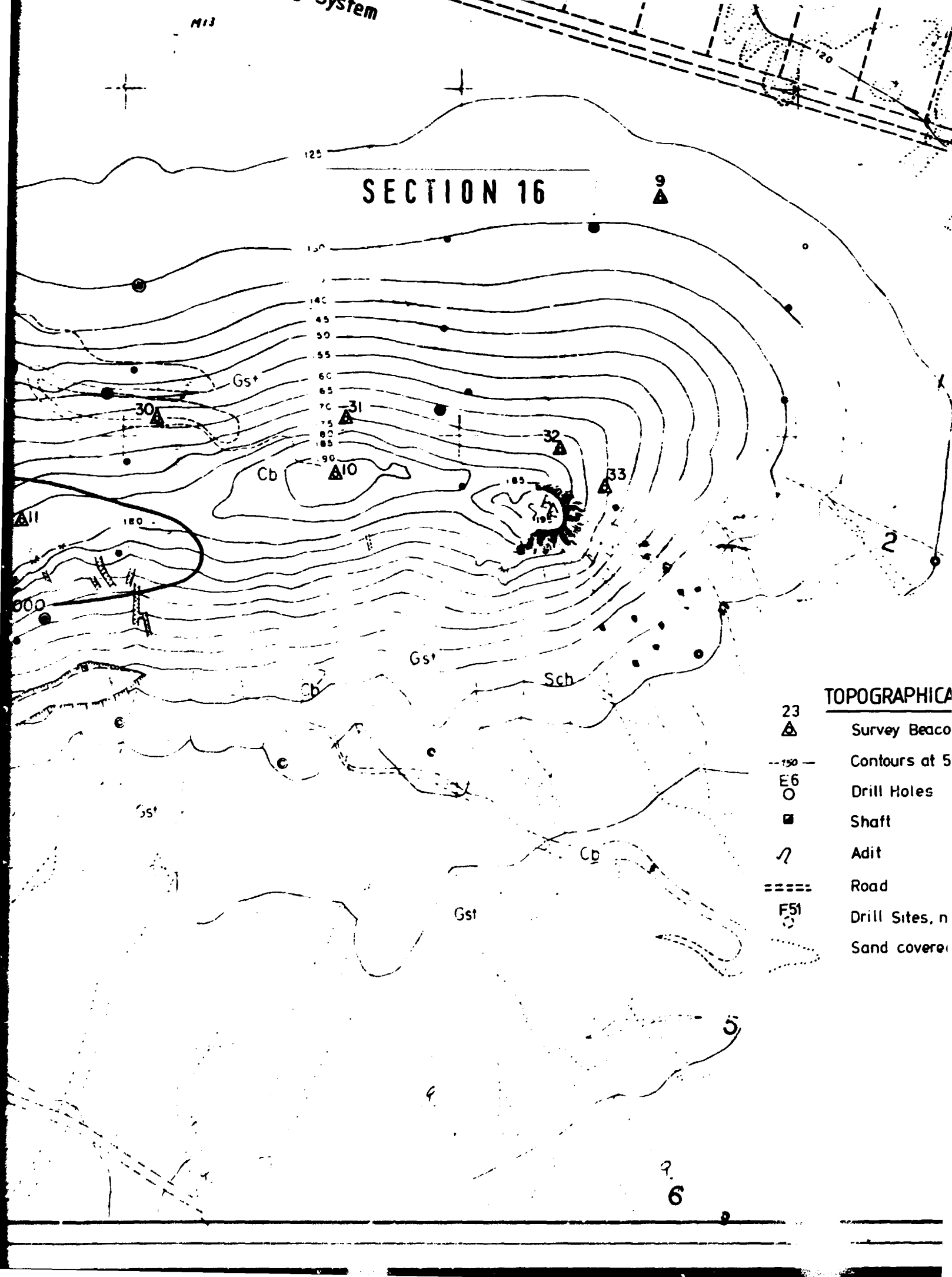






SECTION 15

# SECTION 16



## TOPOGRAPHICAL

- 23 Survey Beacon
- 5 --- Contours at 5
- E6 Drill Holes
- Shaft
- Adit
- ==== Road
- F51 Drill Sites, n
- Sand coverage

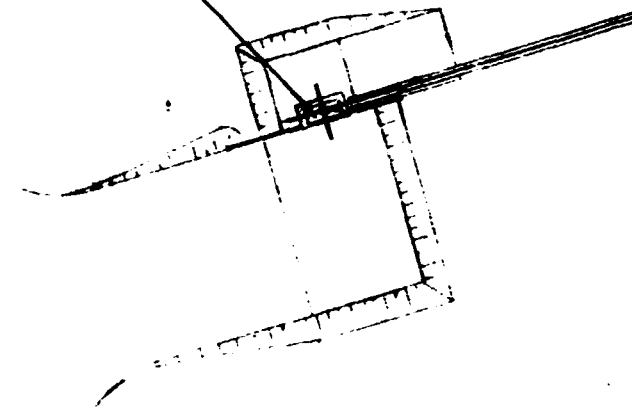




**SECTION 1**

**Feed Bin  
for the Plant**

**A**



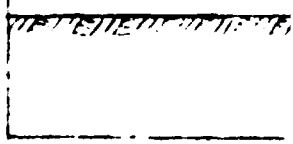
A

B

C

D

**D**



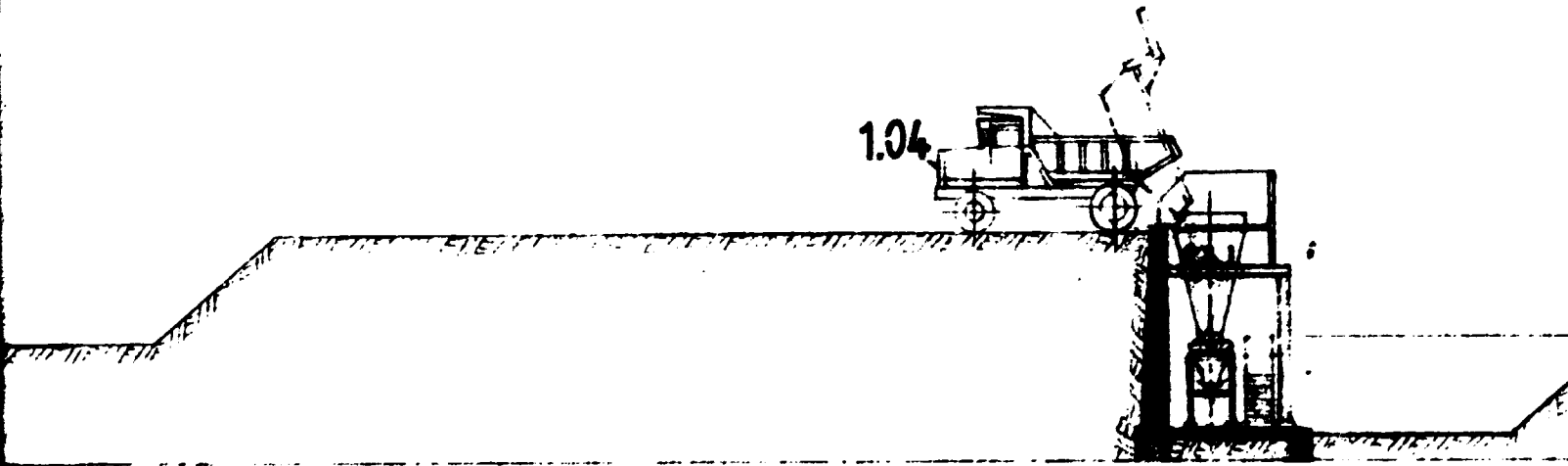
SECTION 2



2.02

Section D-D

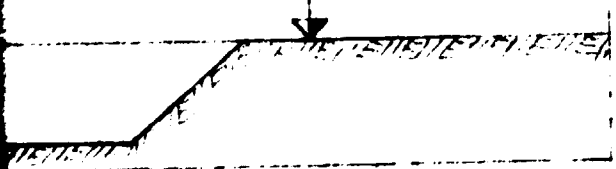
1.04



**SECTION 3**

20

Plant level = ±0.00 m



**Section A**

Top view

scale 1:1000

SECTION 4

203

n A-A



**SECTION 5**

Container for 380 V-Switchgear  
Section 2. and Control Panel

Cement Dosing  
Station

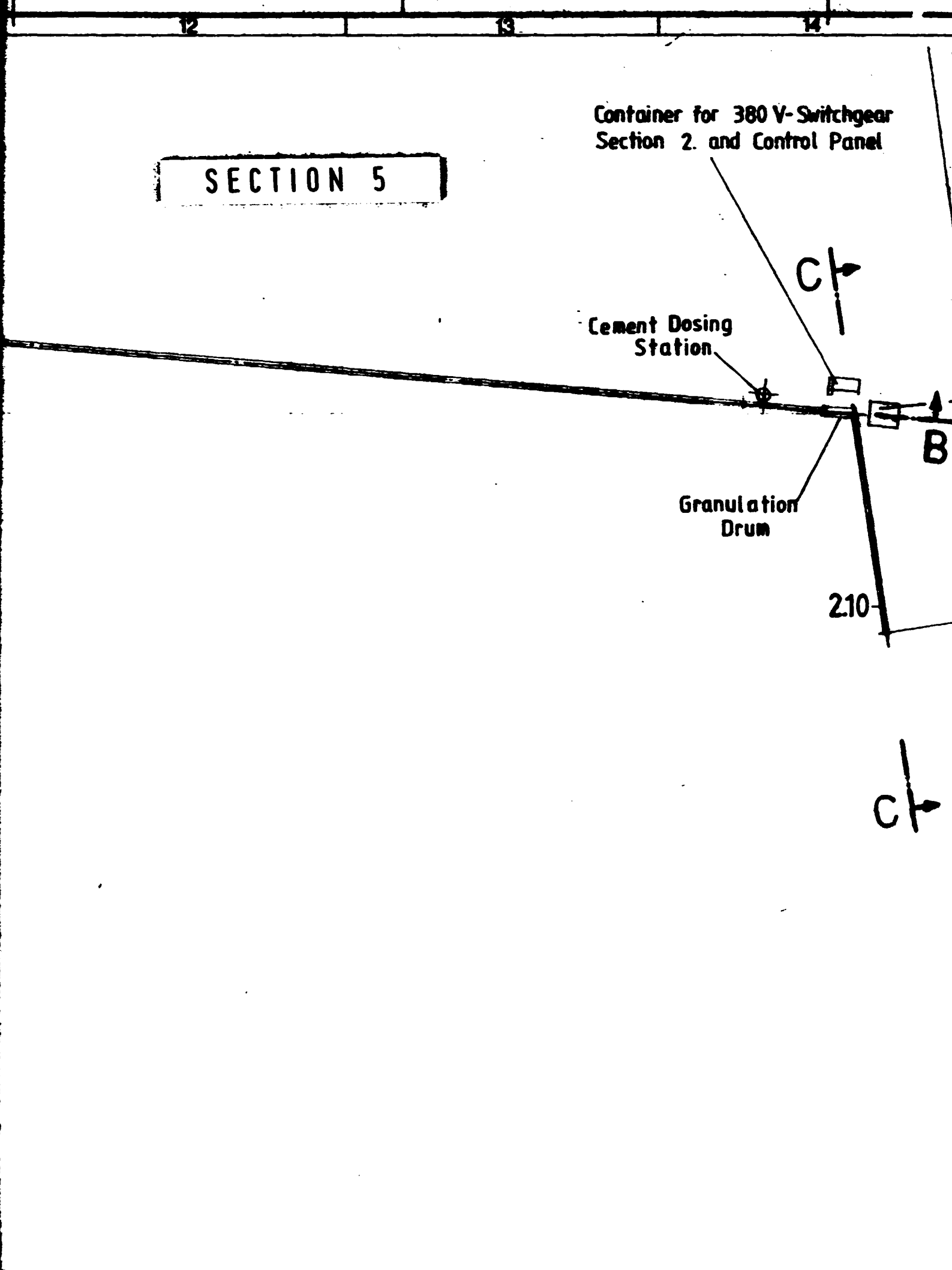
Granulation  
Drum

ct

B

210

ct



380 V- Switchgear  
and Control Panel

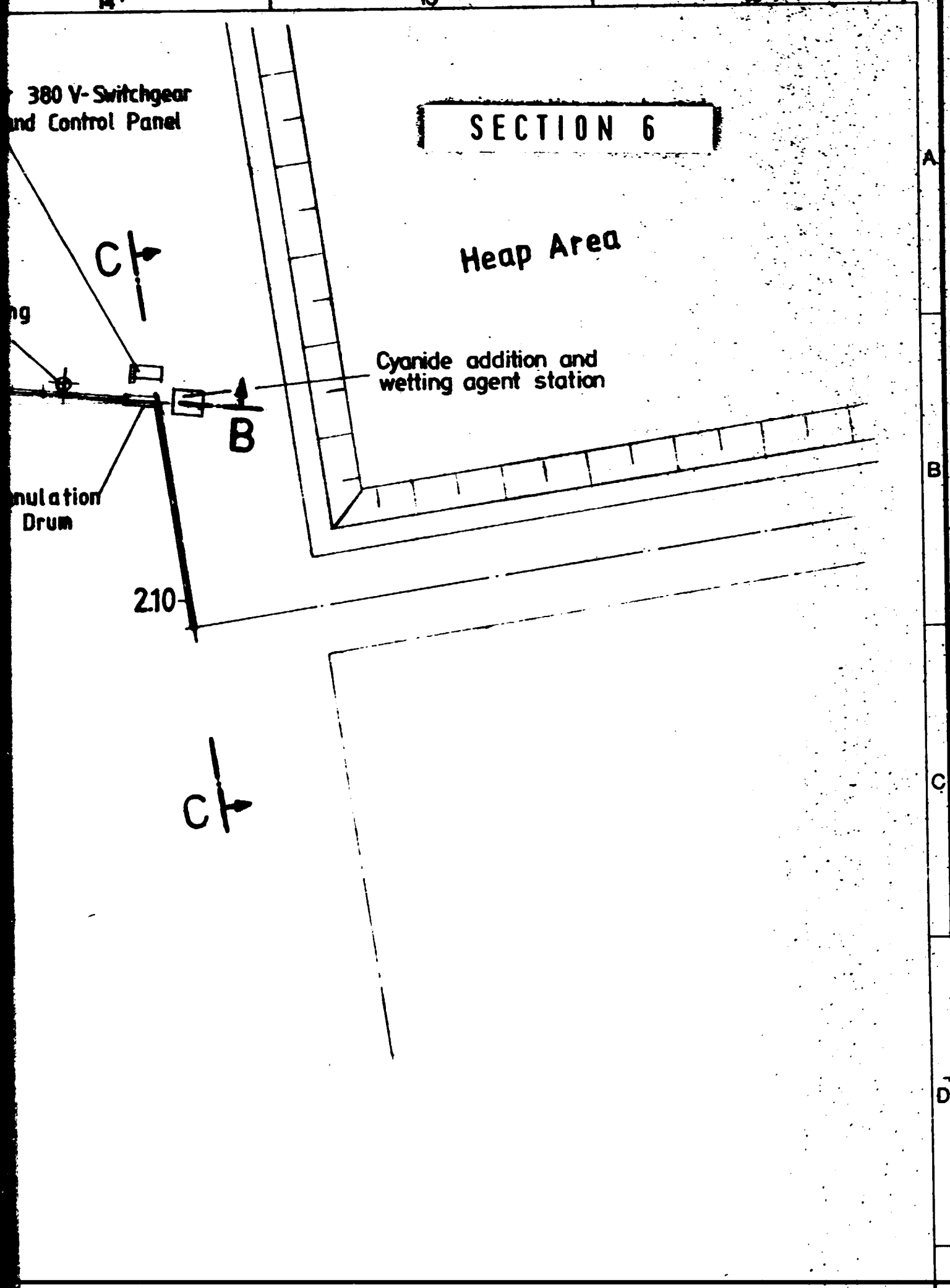
SECTION 6

Heap Area

Cyanide addition and  
wetting agent station

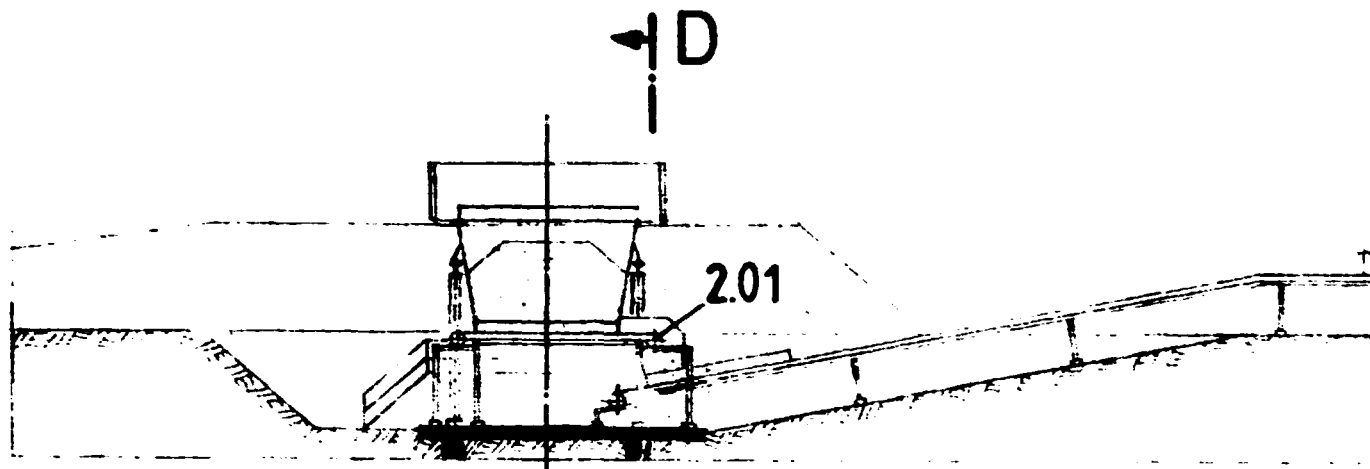
ng  
mulation  
Drum

210



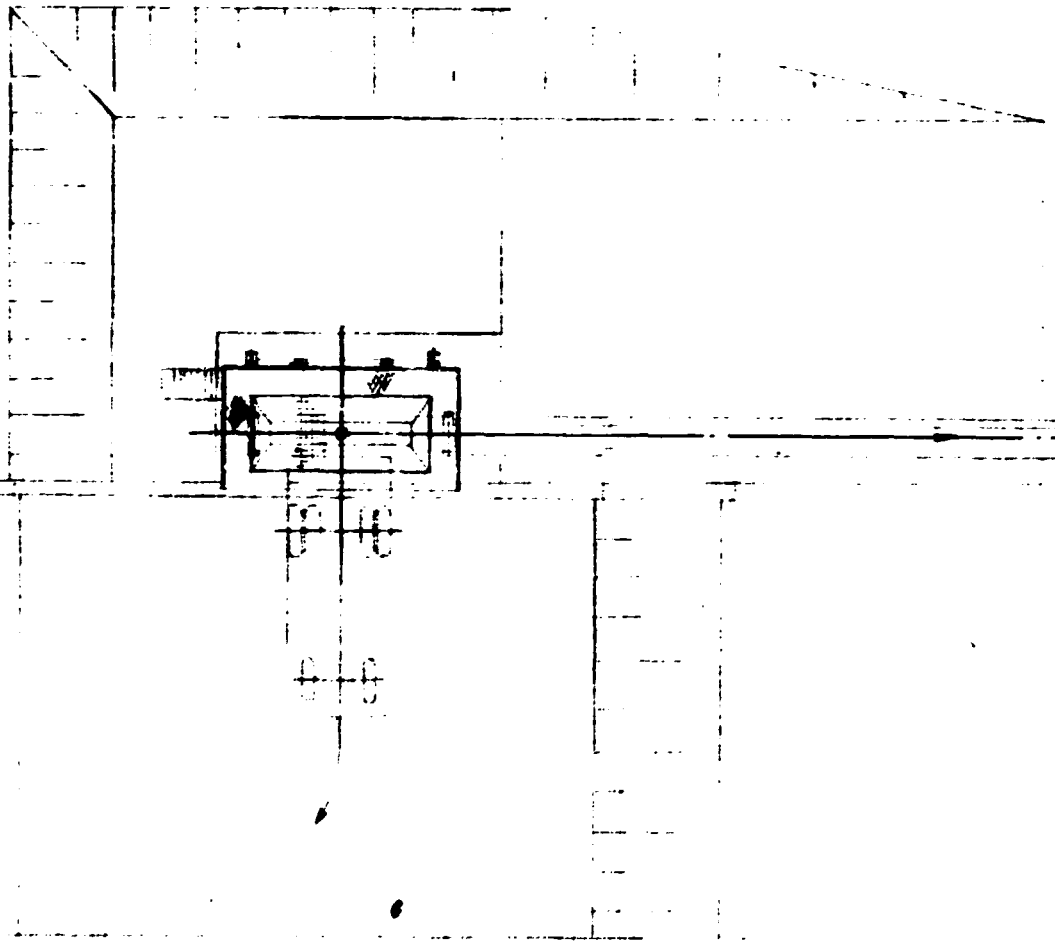
of public, but belongs to the Klöckner-Humboldt-Deutz Aktiengesellschaft, which has provided it solely for an  
of firms or corporations who receive such information shall be deemed by their act of receiving and/or using same  
in other disclosure or use whatsoever of any or all such information except such restricted use as is expressly  
Klöckner-Humboldt-Deutz Aktiengesellschaft.

Klöckner-Humboldt-Deutz A.G.



D

SECTION 7



2.02

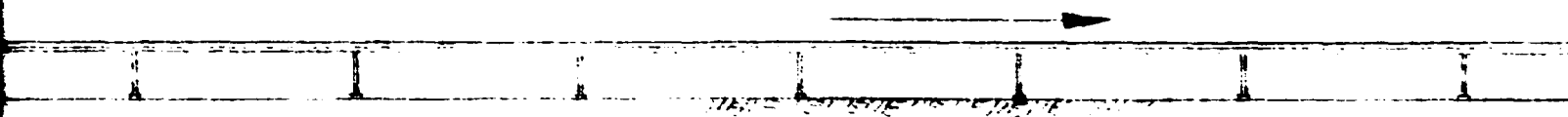
2.02

SECTION 8

2.02

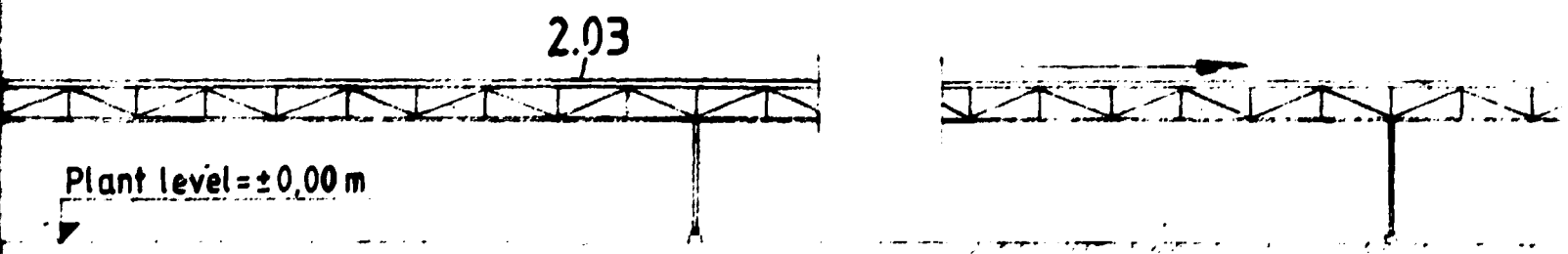
Plant

Section A-A

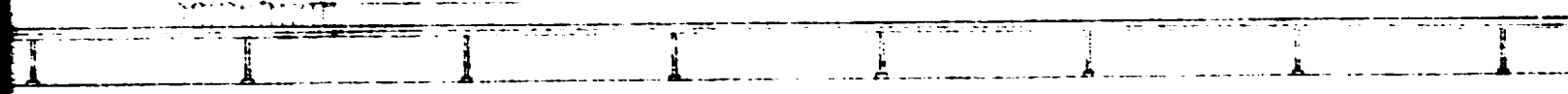


SECTION 9

Section B-B

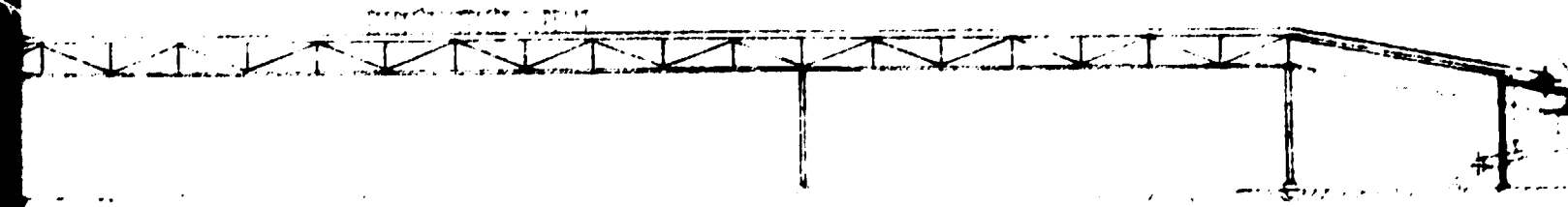


A-A



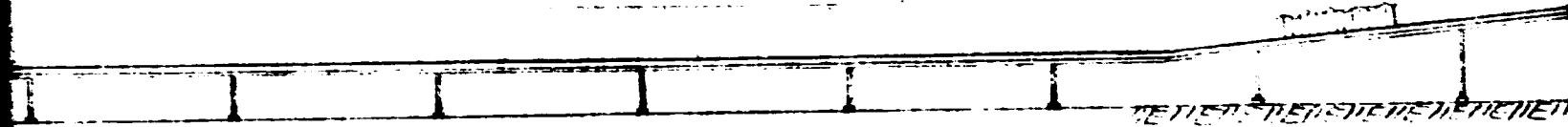
SECTION 10

B



20

SECTION 11



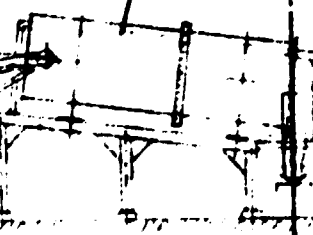
2.02

2.06



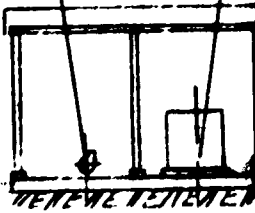
2.05

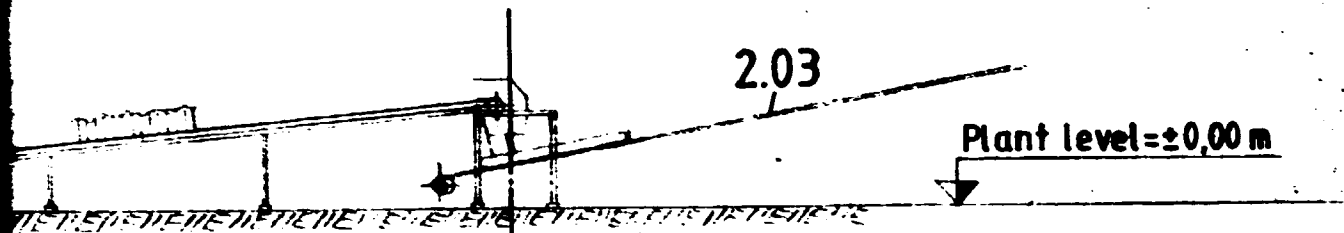
2.04



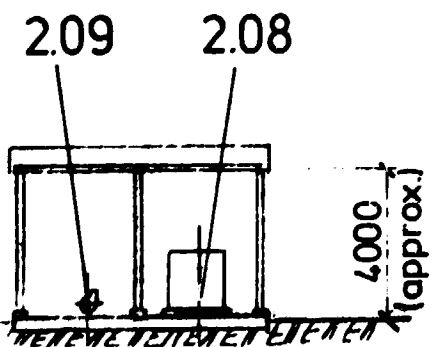
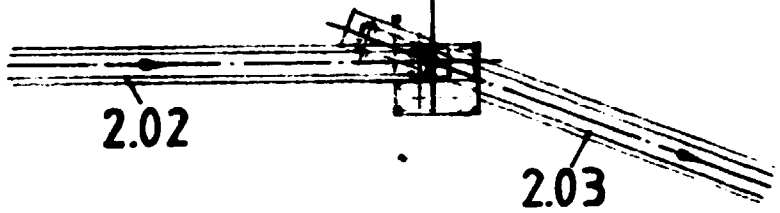
2.09

2.0





## SECTION 12





M

F

K

C

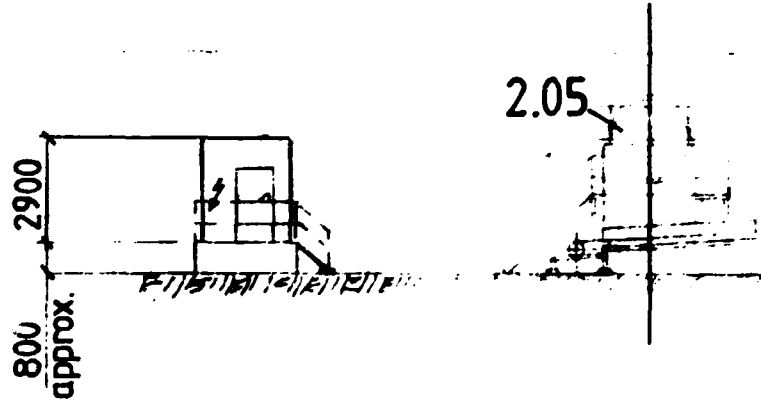
Das Urheberrecht an dieser Zeichnung gehört uns. Vervielfältigung ist unzulässig. Mitteilung des Zeichnungsinhaltes oder Zugänglichmachung oder Überlassung der Zeichnung an dritte Personen ist nicht gestattet. Die Zeichnung darf ferner ohne unsere vorherige ausdrückliche Zustimmung zu einem anderen Zweck, als sie dem Empfänger anvertraut worden ist nicht benutzt werden. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder Gebrauchsmustererteilung vorbehalten.

The information transmitted herewith is not public, but being expressly restricted private use. All persons, firms or corporations to have agreed to make no duplication or other disclosure authorized in writing by the Klöckner-Humboldt-Deutz Aktiengesellschaft.

Klöckner-Humboldt-Deutz A. G.

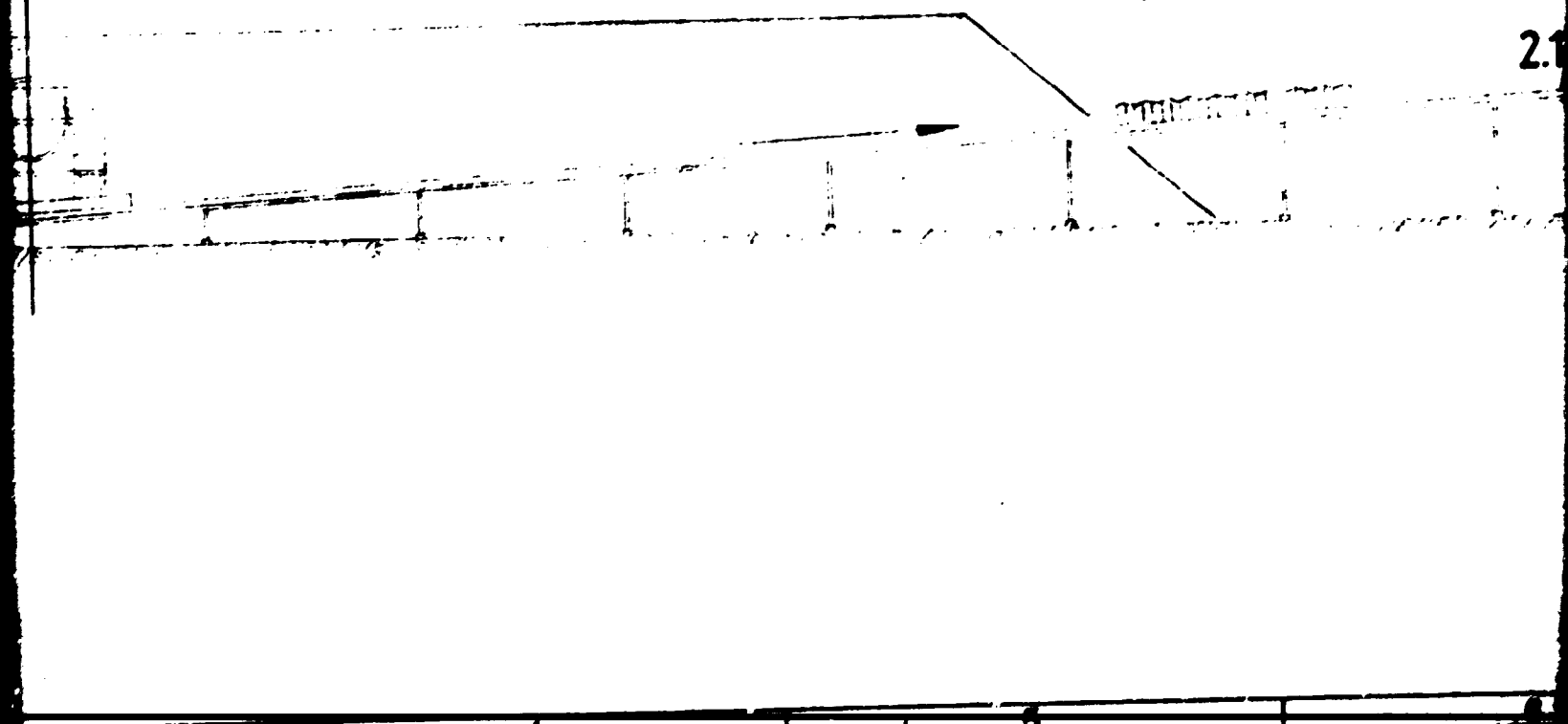
Kl80

# SECTION 13



SECTION 14

Section C-C

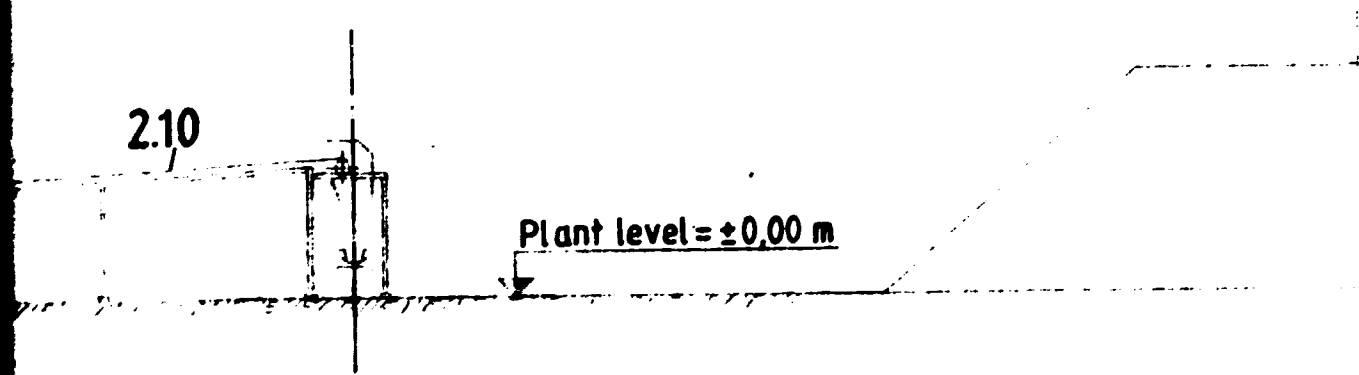


2.1

SECTION 15

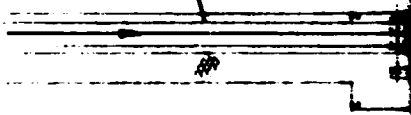
2.10

Plant level =  $\pm 0.00$  m



SECTION 16

2.03

A technical drawing fragment on the right side of the page, showing several horizontal lines and a vertical dimension line pointing to the number 2.03.

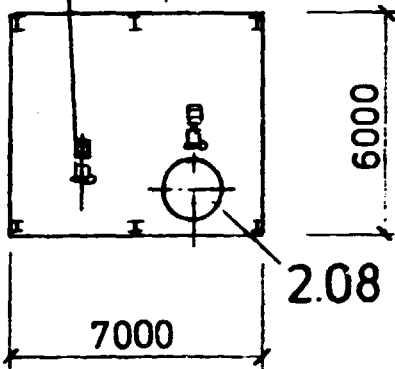


Container for 380 V - Switchgear Section 2.  
and Control Panel

SECTION 18

2400

2.09



AKJOUJT / MAURITANIA

		Anlage: plant: <b>Gold Heap Leach Plant for Torco Tailings</b>	
		Beschreibung: description: <b>LAYOUT FOR PLANT FEEDING AND GRANULATION</b>	
<p><i>1. Maßstab: 1:200</i></p> <p><i>2. Ausführung: 03.12.06</i></p>		<p>Angebots-Nr. 9-2121-5-0134</p> <p>Auftrags-Nr. comm.-No.</p>	
<p>1. Änderung/revision</p> <p>2. Datum</p>		<p>Zeichnungs-Nr. drawing-No. <b>801-11-299 UA</b></p>	
<p>Wiedergabe sowie Vervielfältigung dieser Überzüge, Vervielfältigung und Abstrahlung ihrer Inhalte nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich ausgenommen. Zusicherungen verpflichtend zu Sphärenstrom. Alle Rechte für den Fall der Patentverletzung oder Gebrauchsmuster-Eintragung vorbehalten.</p>		<p>Gezeichnet: <i>[Signature]</i></p> <p>Bemerkung: <i>[Blank]</i></p>	
<p>Copying of this document, and giving it to others and the use or communication of the contents thereof, are forbidden without express authority. Offenders are liable to the payment of a fine. All rights are reserved in the event of the grant of a patent or the registration of a utility model or design.</p>			

SECTION 1

# SECTION 2

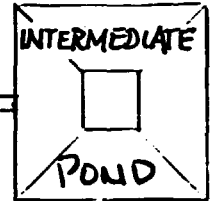
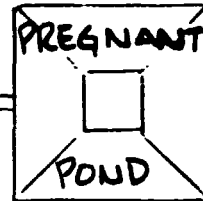
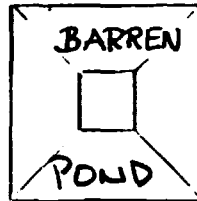
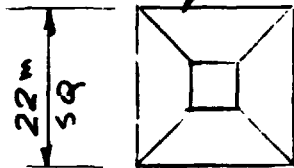
LABORATORY PLANT SECTION 5.  
(ITEMS 5.01-5.10)

LABORATORY PLANT SECTION 5.  
(OPERATOR'S WORK OFFICE, ITEM 5.11)

ITEMS 4.09-4.15 ALTERNAT

ITEMS 2.07,3.01,3.02,3.03,4.0

PROCESS WATER POND



27  
20

5 27

FUTURE  
COLLECTION  
DITCH

DOE

1

3



SECTION 3

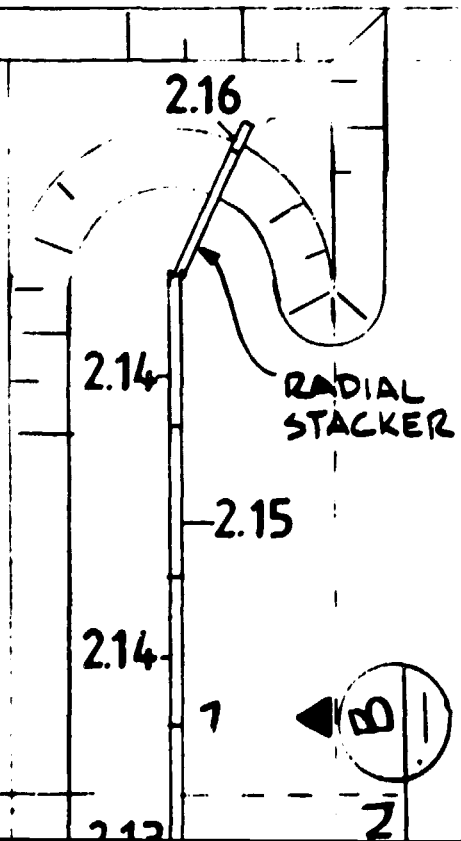
7

ALTERNATIVE EXECUTION : STEELSTRUCTURE ROOFING

02.3.03,4.01-4.08



COLLECTION DITCH ?



DOWN  
↑  
SLOPE

5

7



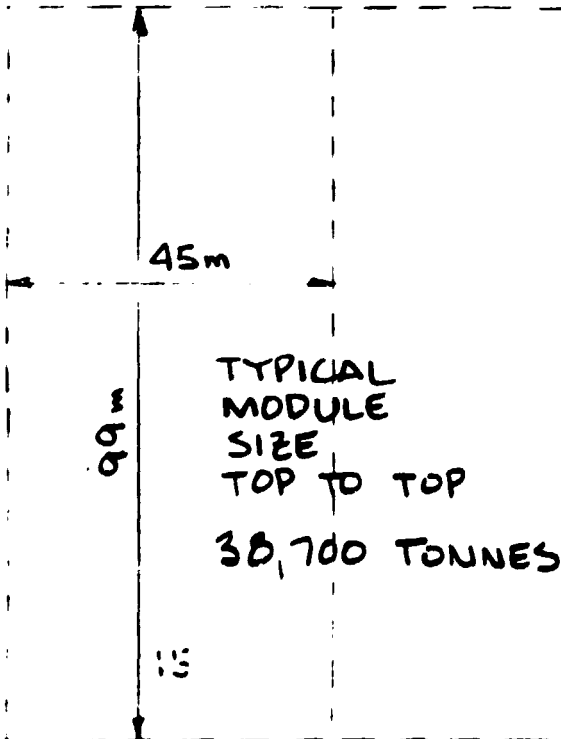
11

12

SECTION 4

135 m TOE TO TOE

OUTSIDE TOE OF E

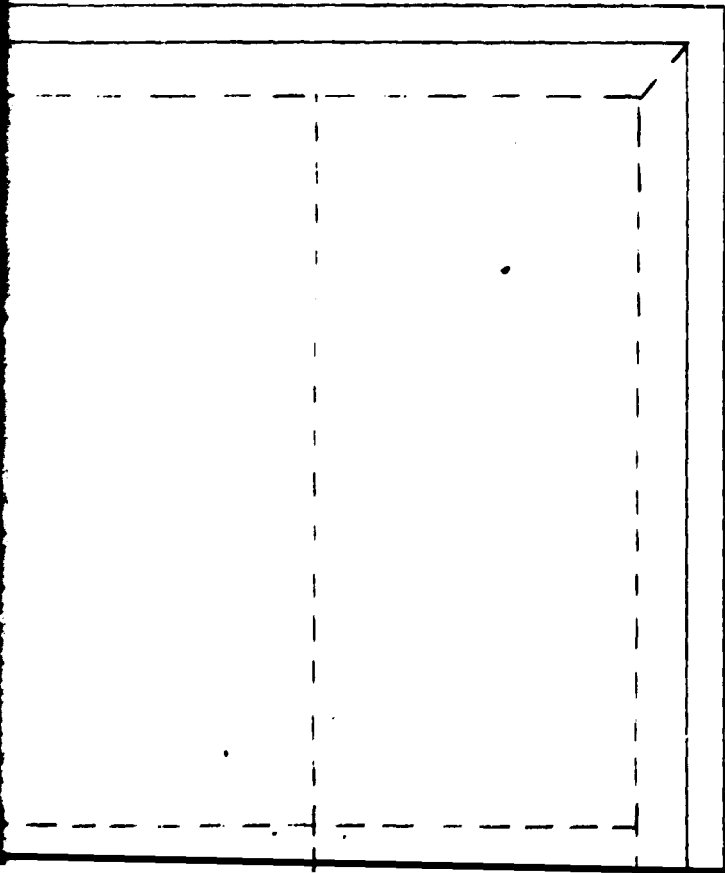
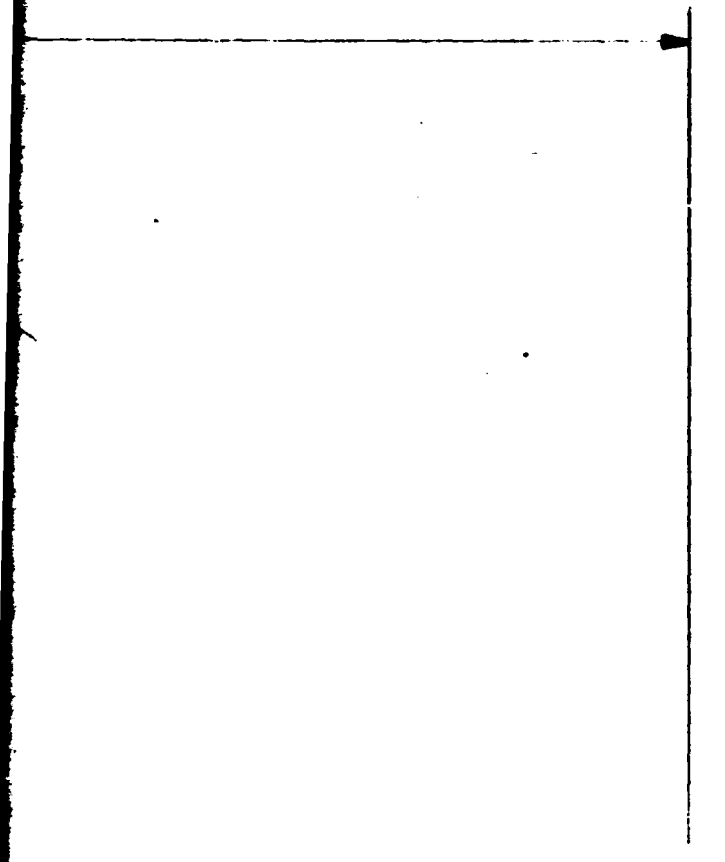


SECTION 5

DE OF BERM

--	--	--	--	--

SECTION 6



SECTION 7

TOE TO  
2.12  
2.13 W

FEE  
D  
FROM  
GRANULATION  
SECTION

30 m

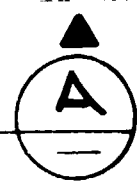
2.10

2.11

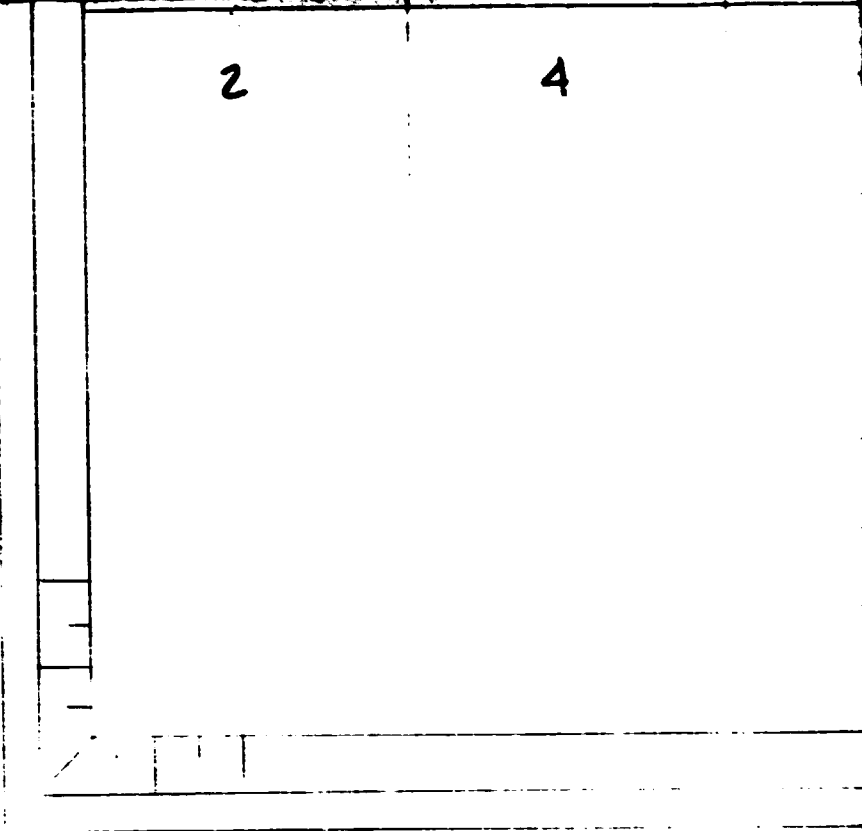
CONVEYORS

2.12

ELEVATION



SECTION 8



6

2.13

8

ELEVATION

10

12

14

SECTIONAL  
CONVEYORS  
2.13

2.12

2.13

25 m

SECTION 9

FUTURE

14

15

SECTION 10

FUTURE HEAP AREA



SECTION 11

**SECTION 12**

SECTION 13

213



SECTION 14

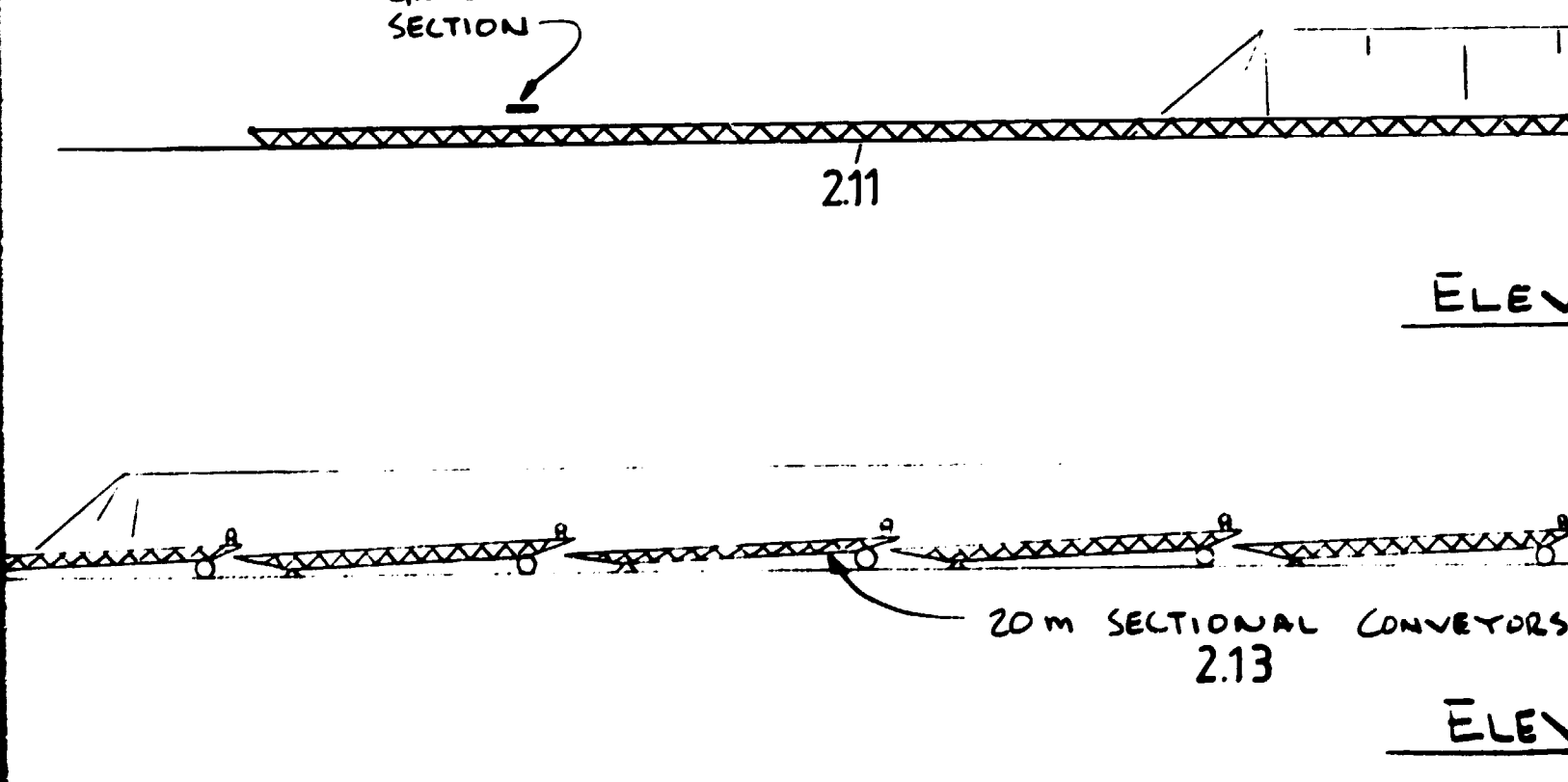
FEED FROM  
GRANULATION  
SECTION

2.11

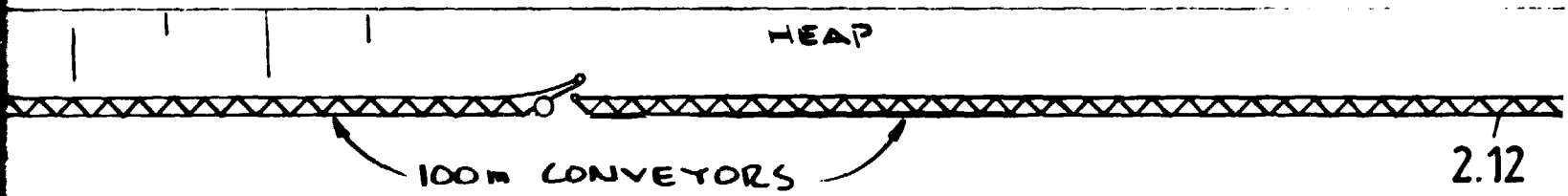
ELEV

20 m SECTIONAL CONVEYORS  
2.13

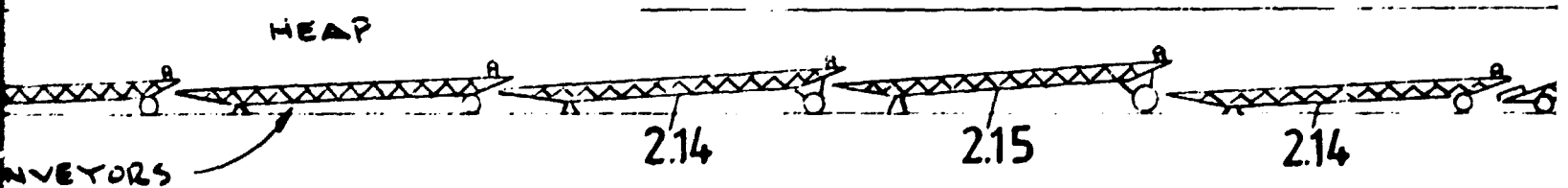
ELEV



SECTION 15



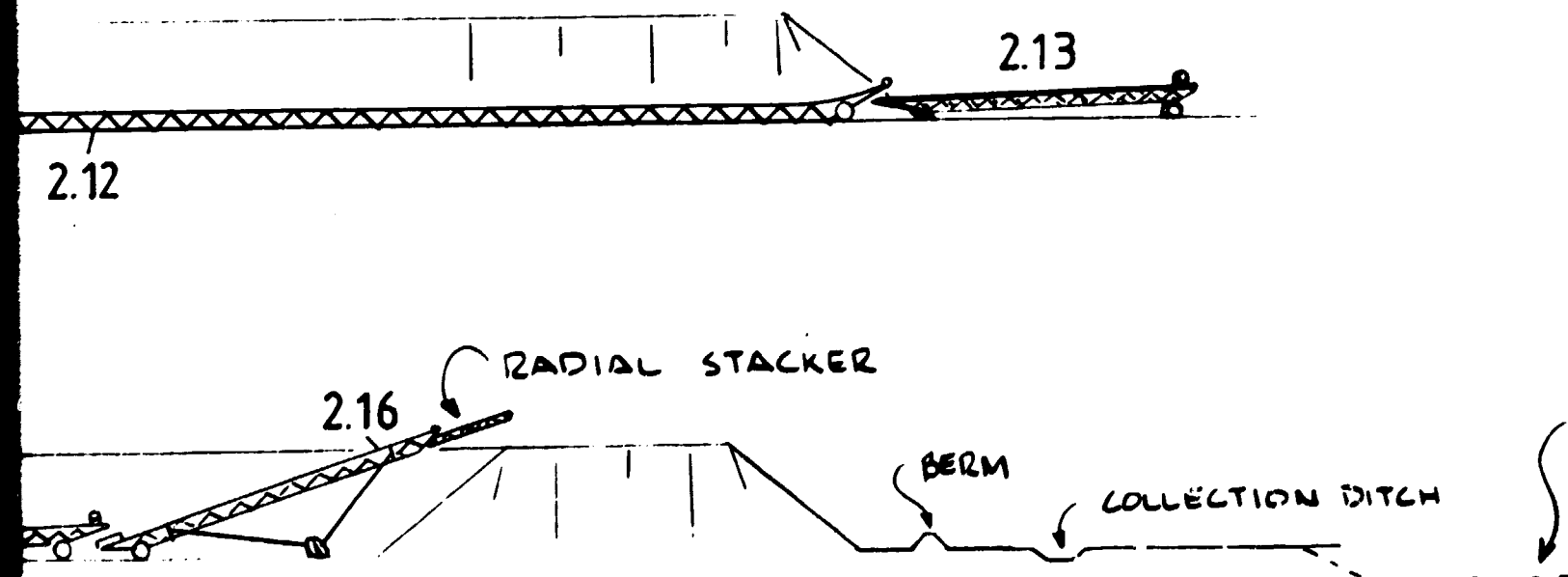
ELEVATION A  
1:400



ELEVATION B  
1:400

UTURE HEAP AREA

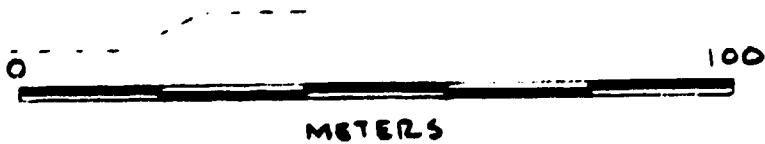
SECTION 16



# SECTION 17

AKJOST,

BARREN  
POND  
BEHIND  
SECTION




<p>Plant sections 345 arrangement POND AND PLANT LABORATORY</p> <p>20187 7/6 1612 7/6</p>	Anlage plant
	Bezeichnung designation
	Masstab sc 1:100
	Gezeichnet ZS
	Geprüft und Bemerkung

Kappes, Cassidy & A.

# SECTION 18

AKJOUST, MAURITANIA

<p>2 Plant sections 345 20187 76 arrangement POND AND PLANT 1612 76 LABORATORY</p>		<b>Anlage</b> plant	GOLD HEAP LEACH PLANT FOR TORCO TAILINGS	
		<b>Bezeichnung</b> designation	LAYOUT FOR LEACHING & RECOVERY SECTIONS	
		<b>Maßstab</b> scale	<b>Angebots Nr.</b> <small>Just. Nr.</small>	<b>9-2121-5-0154</b>
		1:1000	<b>Auftrags Nr.</b> <small>Imm. Nr.</small>	
		<b>Gezeichnet</b> drawn	<b>Zeichnungs Nr.</b>	801-11-300 UA
		DS	<b>Drawing Nr.</b>	
		<b>Geprüft</b> checked	 <b>KHD HUMBOLDT WEDAG AG</b>	
		<b>Bemerkung</b> note		
KHD HUMBOLDT WEDAG AG			DRAWING No.	
Kappes, Cassidy & Associates			1728-5	



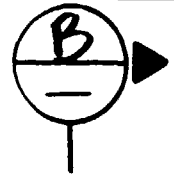
PROCESS WATER  
POND

BARREN  
POND

PREGNANT  
POND

IN

SECTION 1



150

111.5 m



INTERMEDIATE  
POND

SECTION 2

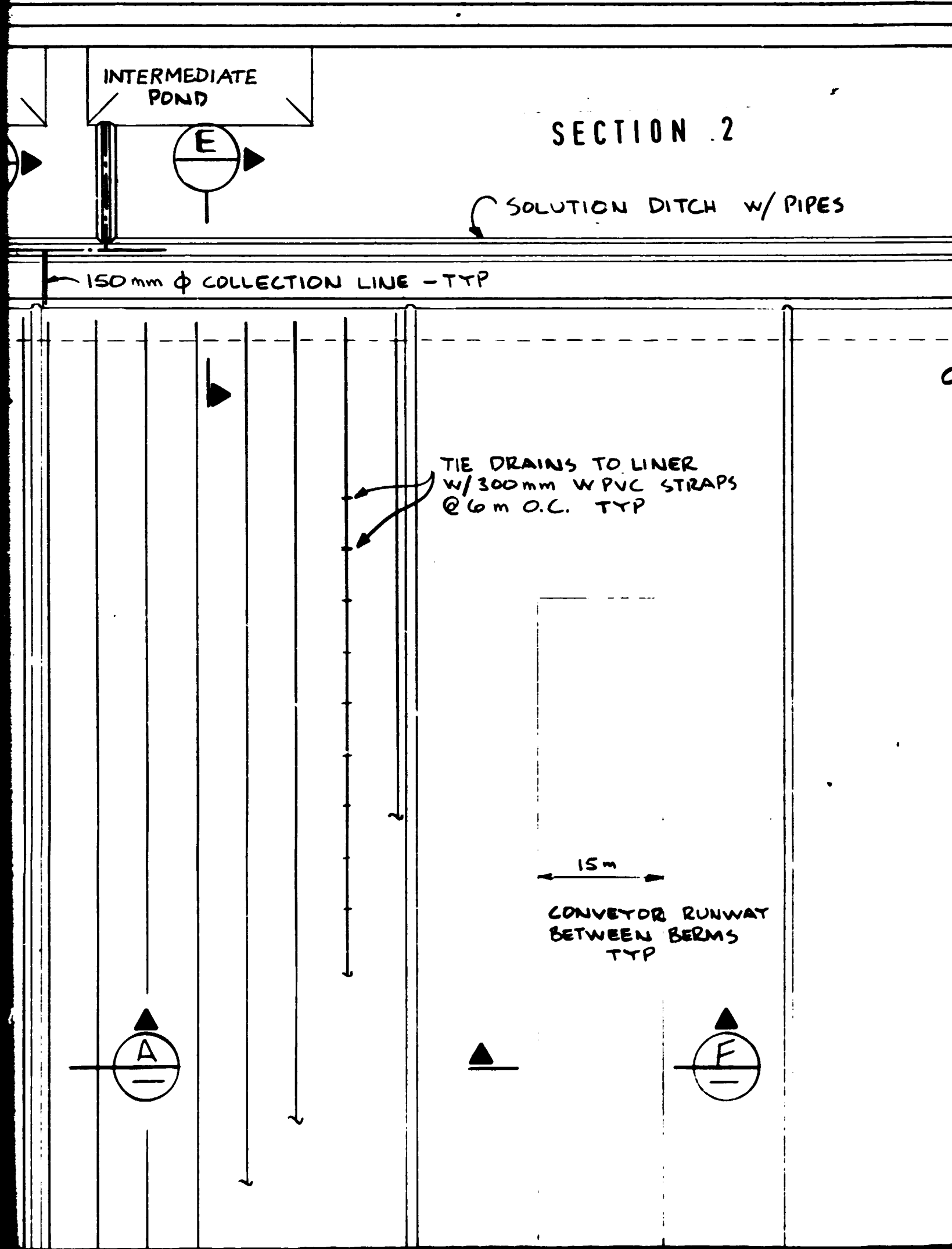
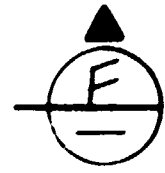
SOLUTION DITCH w/ PIPES

150 mm  $\phi$  COLLECTION LINE - TYP

TIE DRAINS TO LINER  
w/ 300 mm W PVC STRAPS  
@ 6 m O.C. TYP

15 m

CONVEYOR RUNWAY  
BETWEEN BERMS  
TYP



SECTION 3

CONTAINMENT  
BERMS

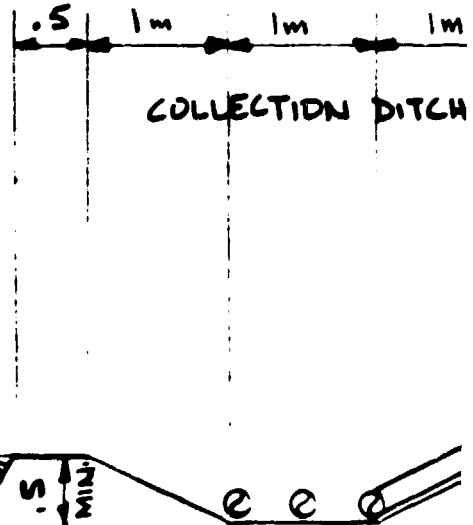
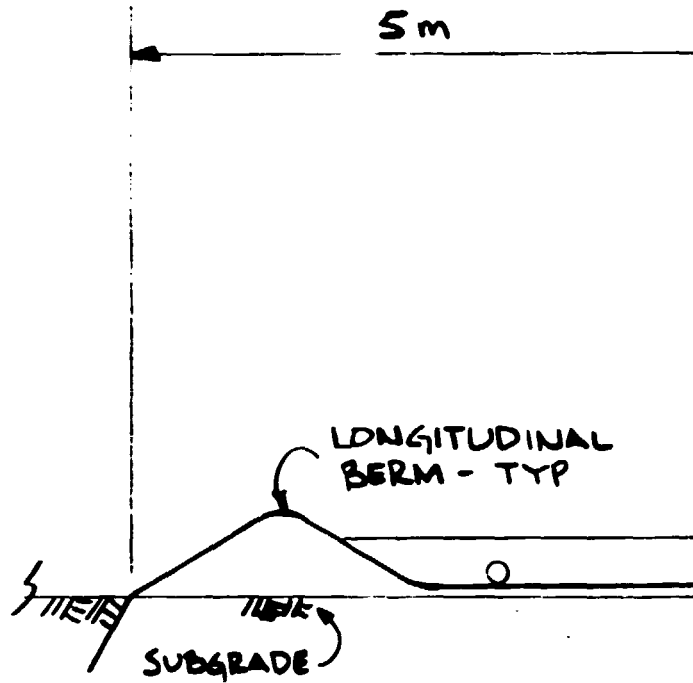
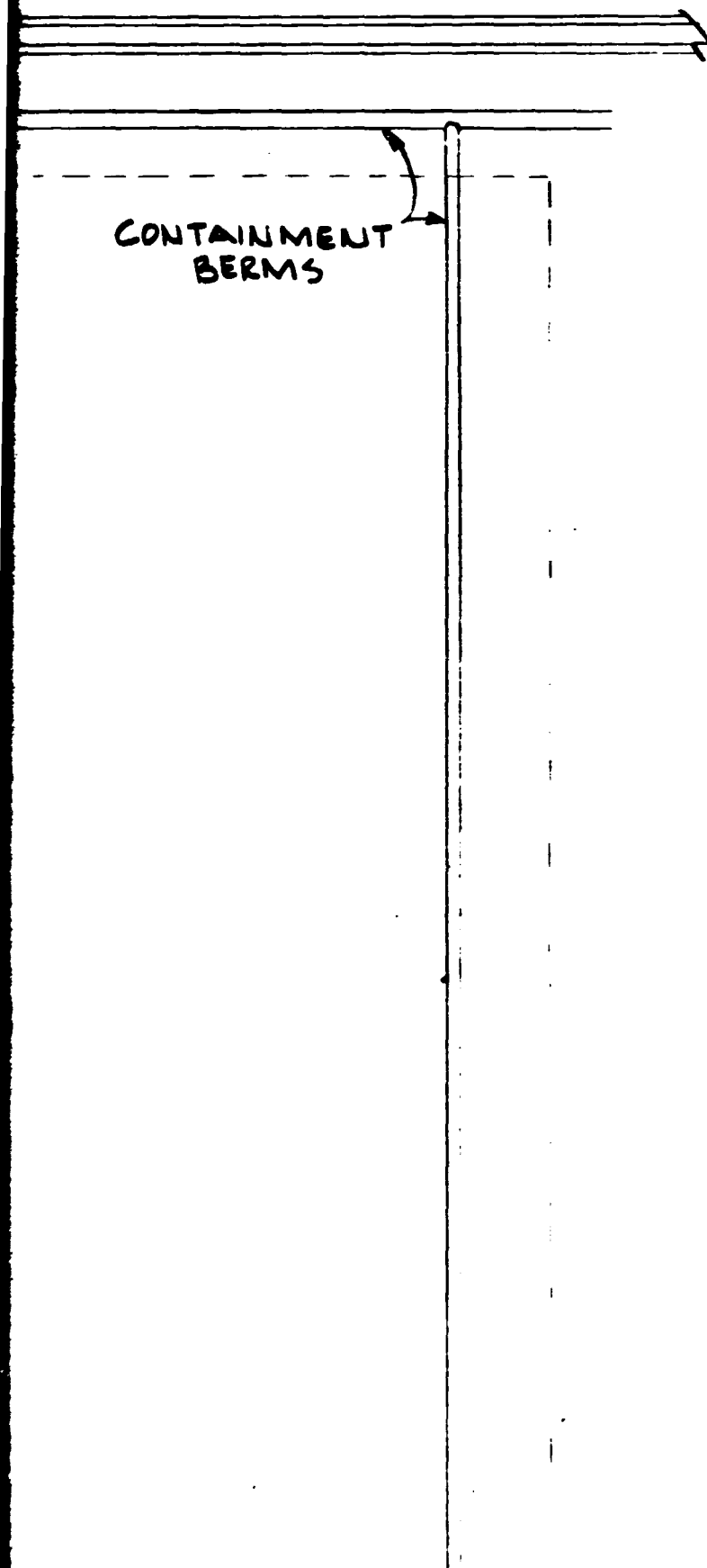
5m

LONGITUDINAL  
BERM - TYP

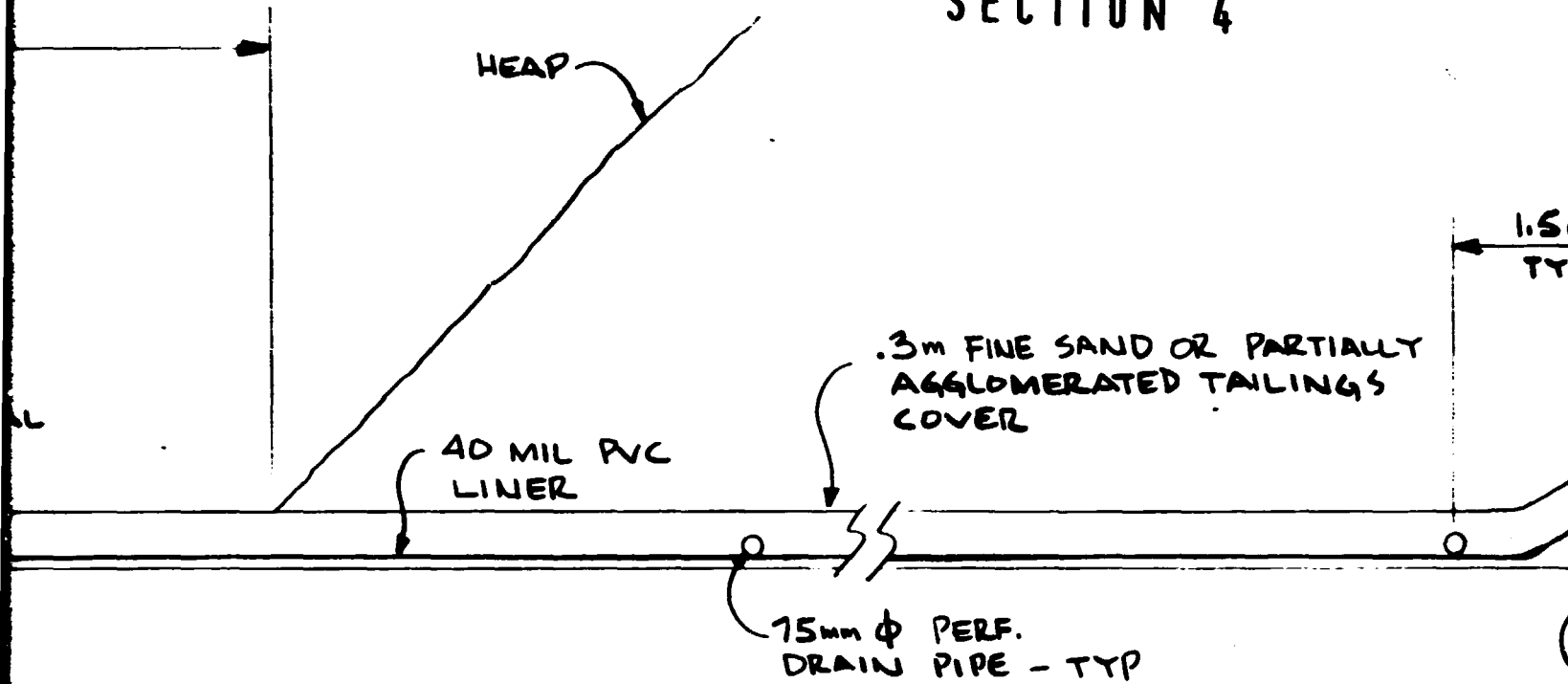
SUBGRADE

0.5 1m 1m 1m  
COLLECTION DITCH

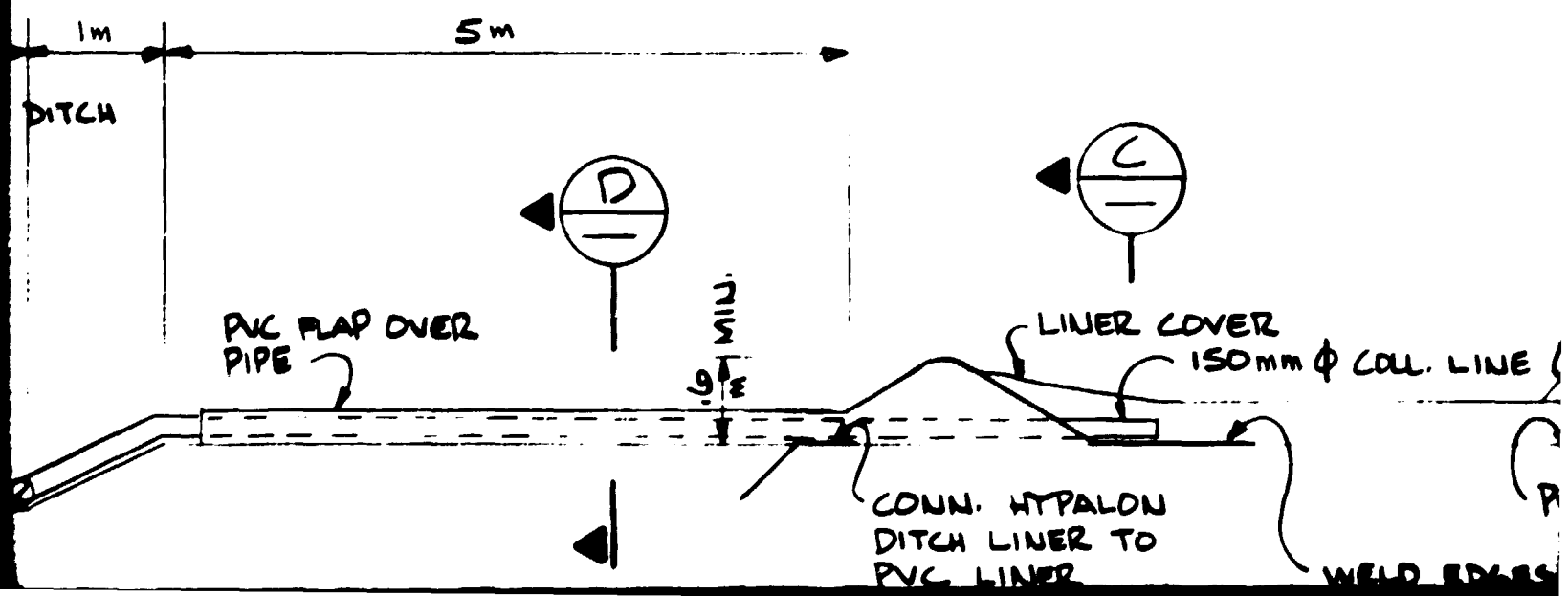
5.0



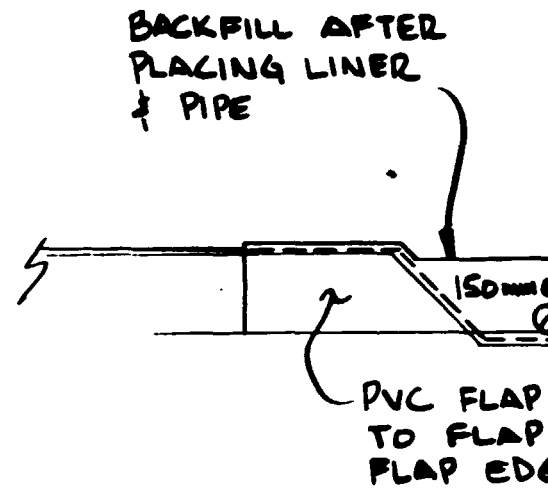
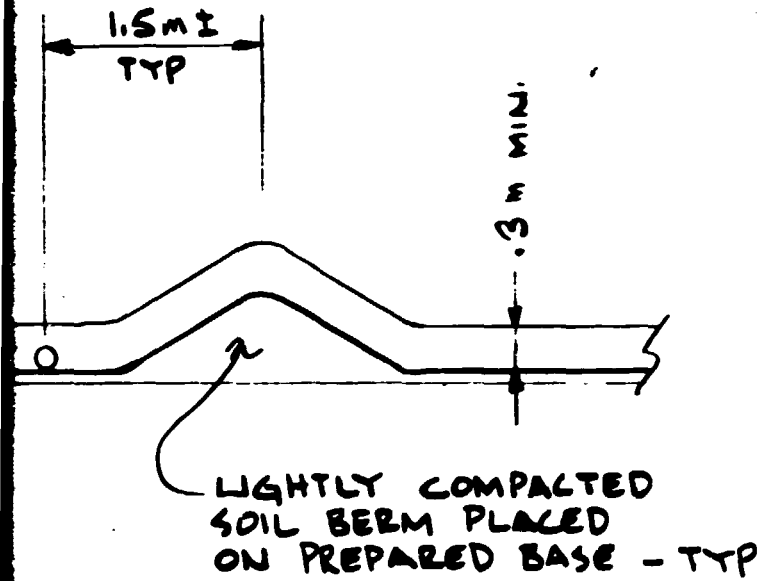
SECTION 4



TYPICAL SECTION **(A)**  
1:50

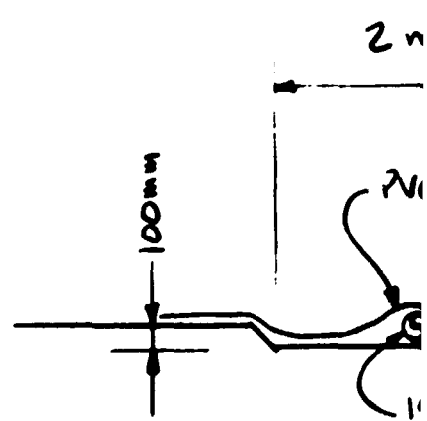
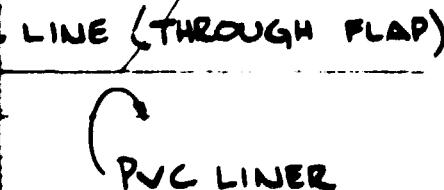
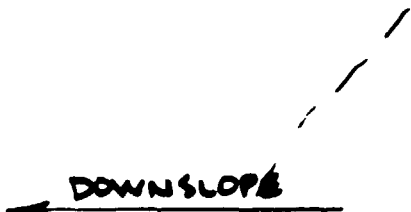


# SECTION 5



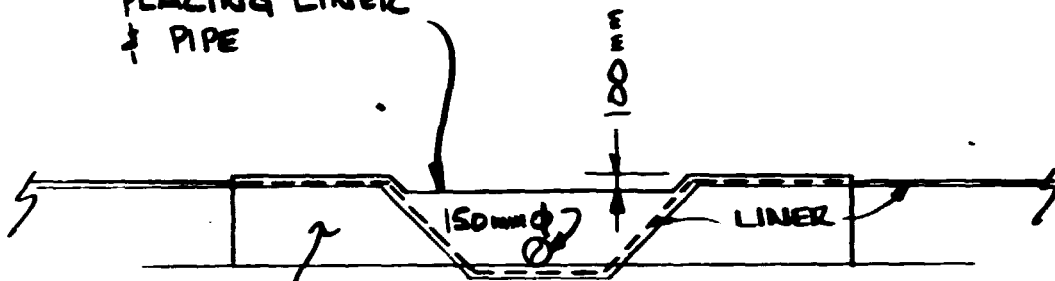
# SECTION

1:5




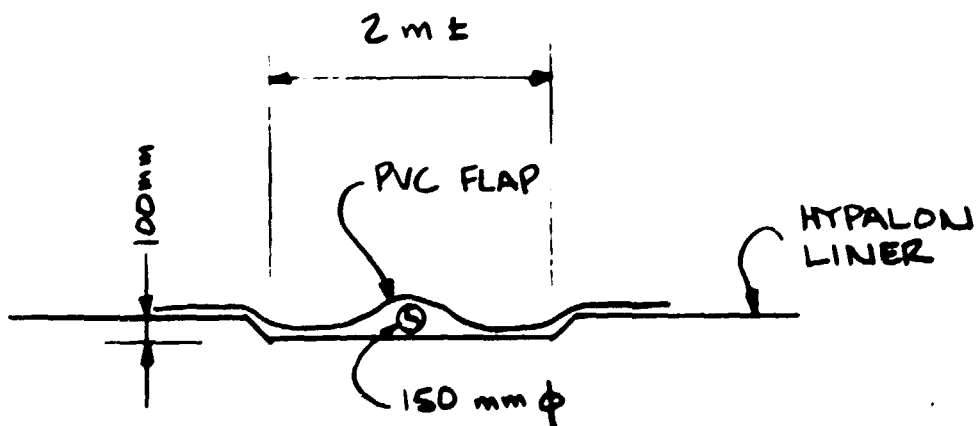
# SECTION 6

BACKFILL AFTER  
PLACING LINER  
& PIPE



PVC FLAP OVER BERM, WELD PIPE  
TO FLAP AT PENETRATION & WELD  
FLAP EDGES TO LINER

SECTION  AT BERM  
1:50



SECTION 7

111.5 m

75  
e

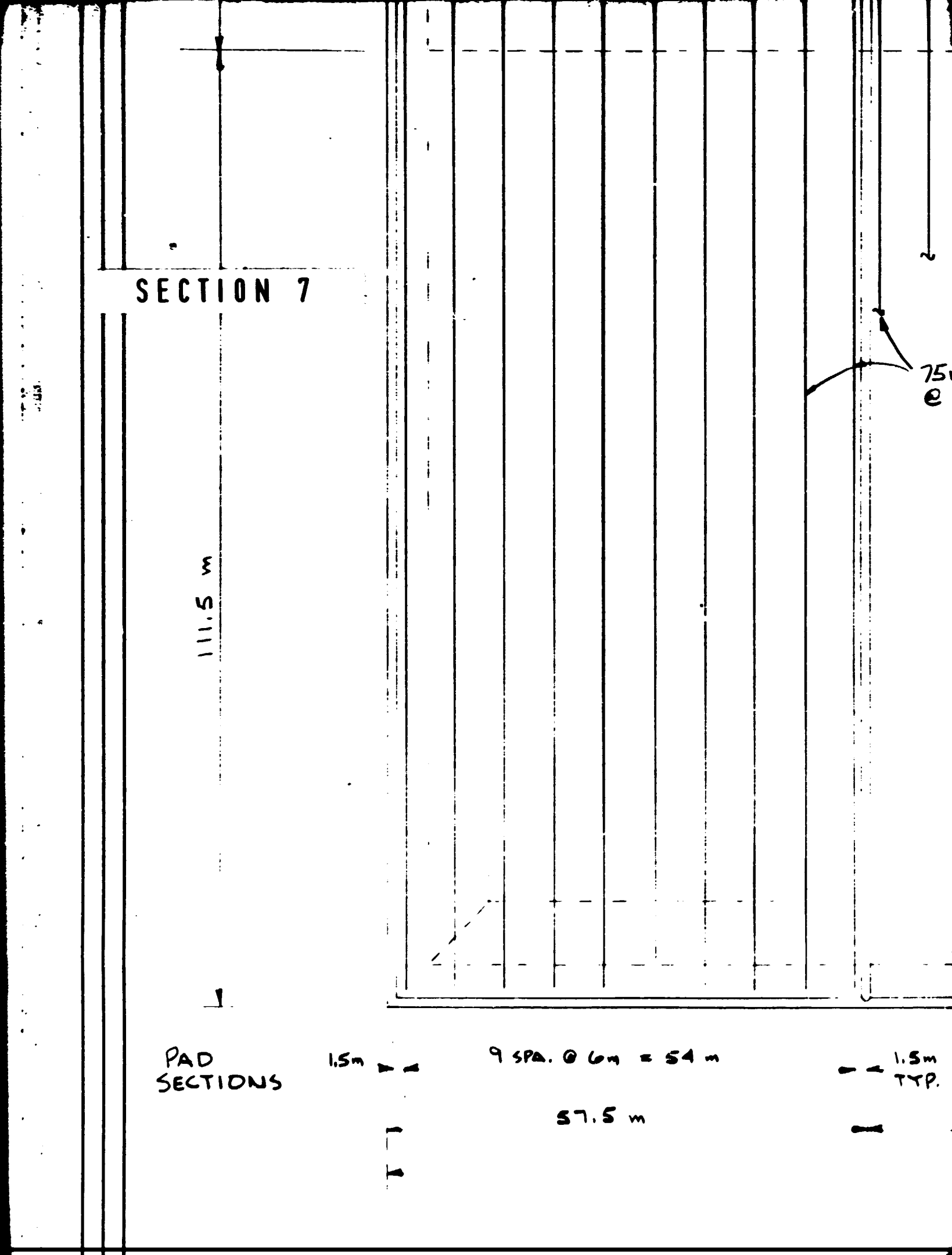
PAD  
SECTIONS

1.5m

9 SPA. @ 6m = 54 m

1.5m  
TYP.

57.5 m



75mm  $\phi$  PERF. DRAINS  
@ 6m SPACING - TYP

SECTION 8

1.5m  
TYP.

7 SPA @ 6m = 42m TYP

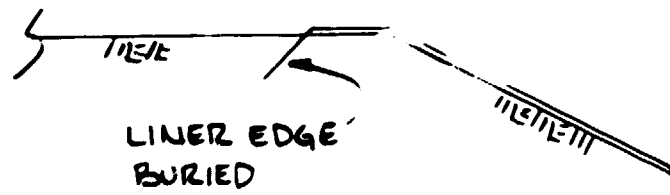
45m  
TYP

205m 1<sup>ST</sup> YR. LINER LIMIT

PLAN



SECTION 9



CONCRETE AT FALLOUT  
DITCH LINER TO  
PVC LINER

PVC LINER  
WELD EDGES OF  
FLAP TO LINER

SECTION

B

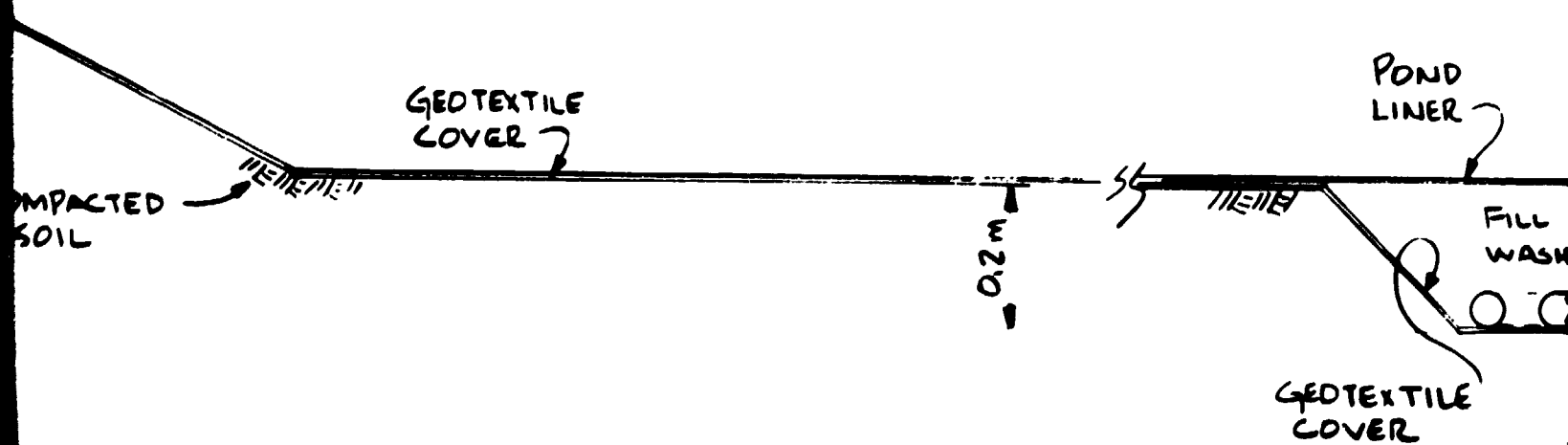
1:50

AT COLLECTION LINE

SECTION 10

27 m SQ TYP

25 m SQ. FRESH WATER POND



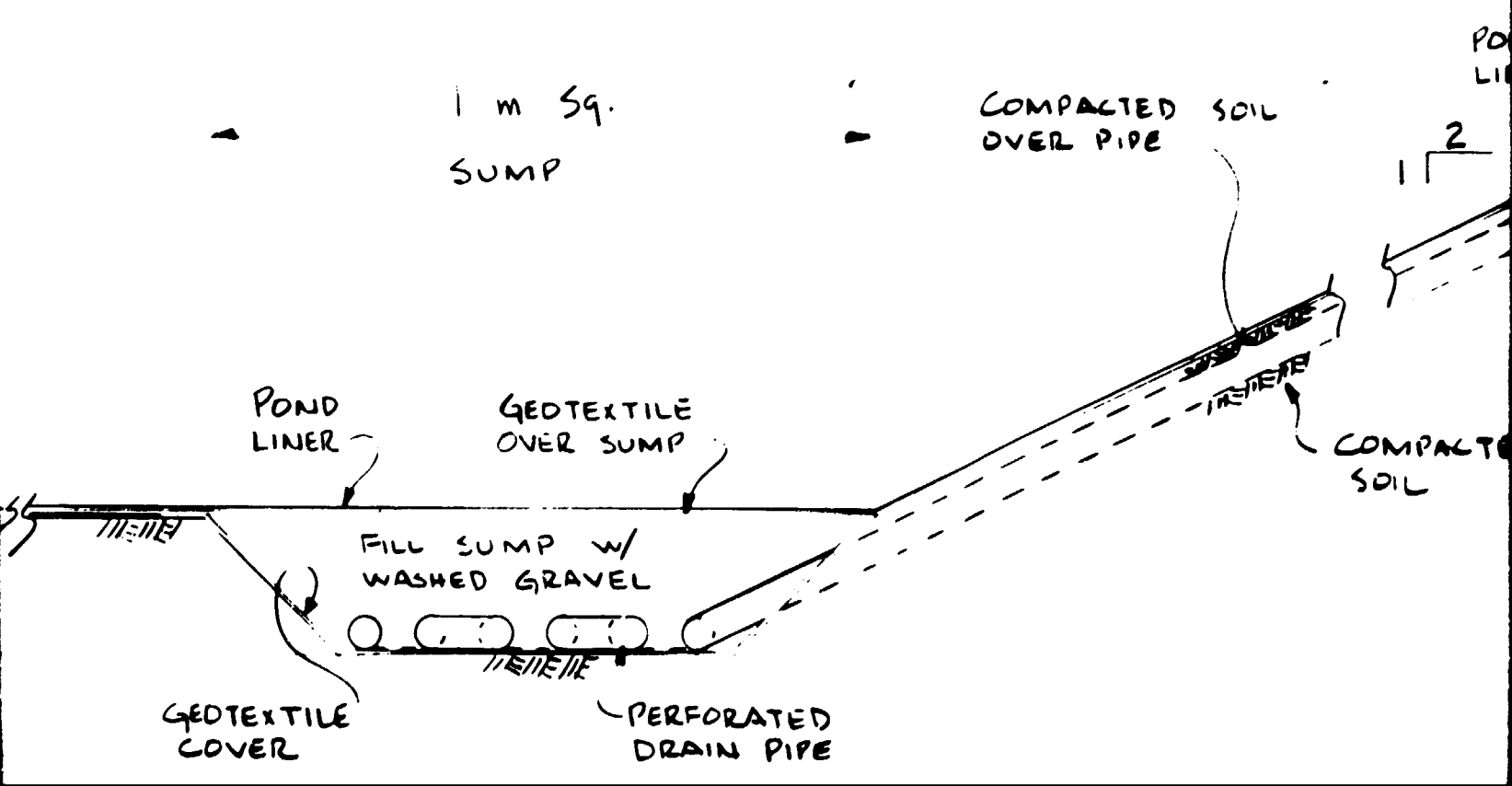
EDGES OF  
TO LINER

SECTION

# SECTION 11

SQ TYP

SQ. FRESH WATER POND ONLY



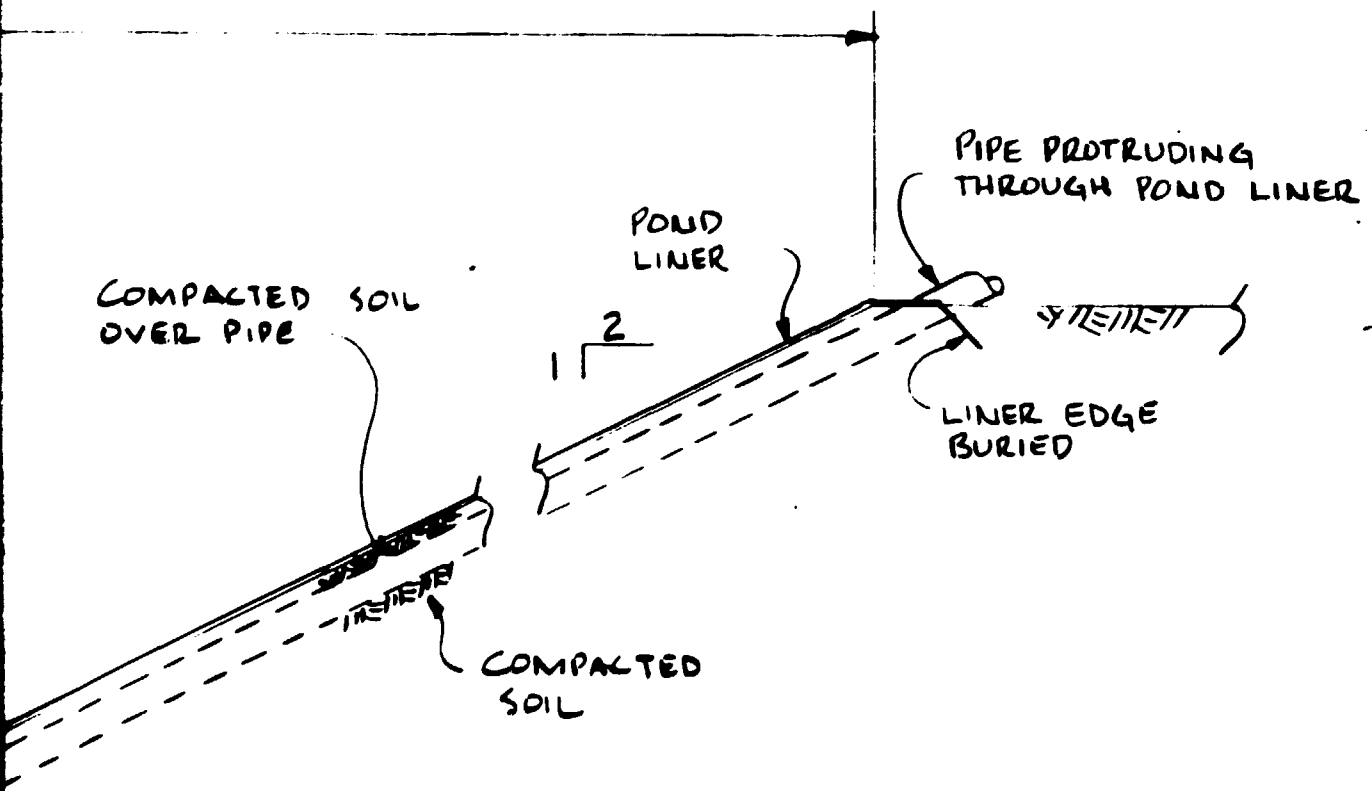
SECTION



BETOND BERM

1:50

# SECTION 12



PAD  
SECTIONS

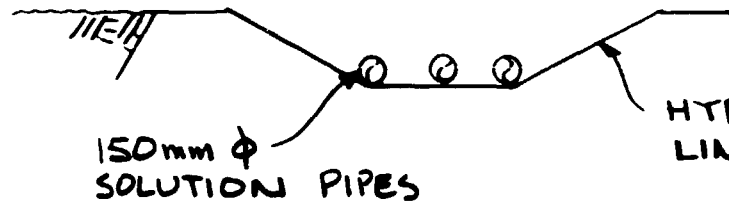
1.5m

9 SPA. @ 6m = 54 m

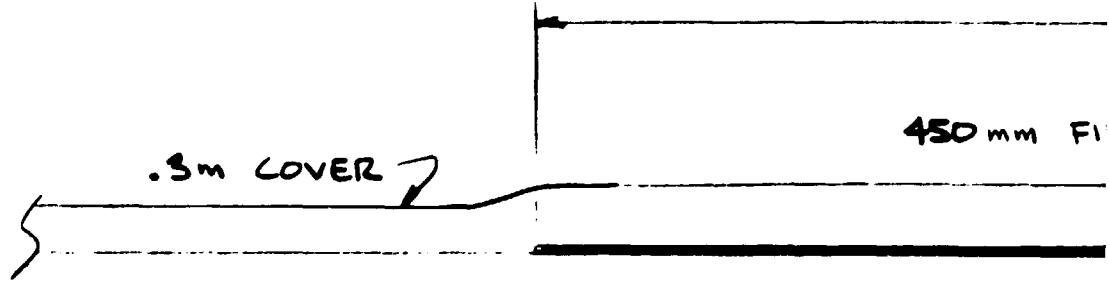
1.5m  
TYP.

57.5 m

COLLECTION  
DITCH



SECTION 13



1.5m  
TYP.

7 SPA @ 6m = 42m TYP

45m  
TYP

205m 15% YR. LINER LIMIT

# PLAN

1:500

SECTION

## SECTION 14

CONTAINMENT  
BERM

LINER

PVC L

HYPALON  
LINER

TTTTT

## SECTION E

1:50

15m WIDE CONVEYOR

RUNWAY

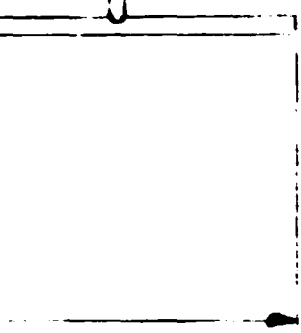
450mm FINE SAND OR PARTIALLY AGGLOMERATED TAILINGS

PVC LINER

GEOTEXTILE OVER LINER

## SECTION F

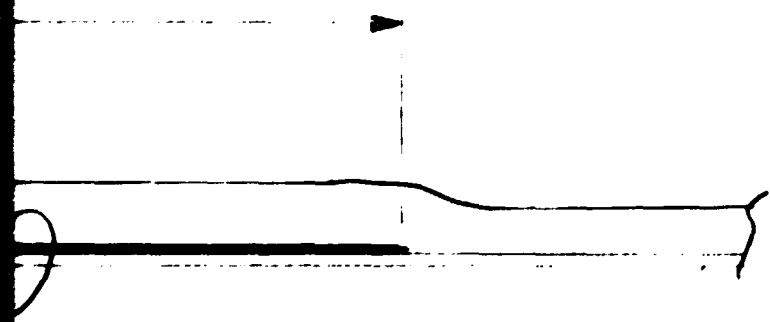
1:50

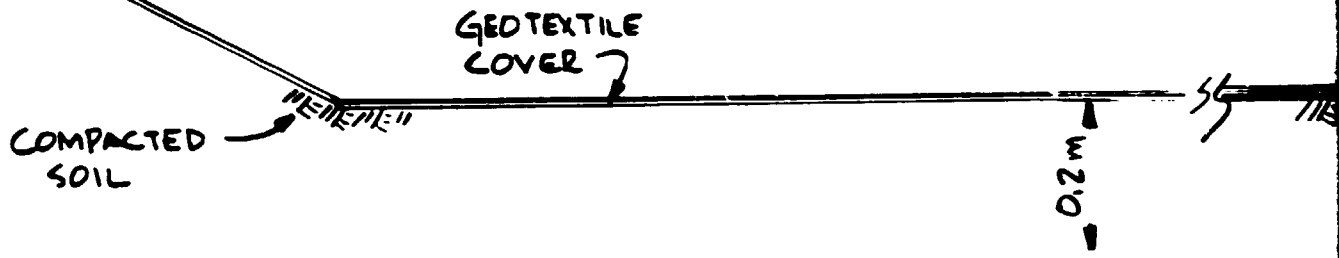


LINER COVER

PVC LINER

SECTION 15



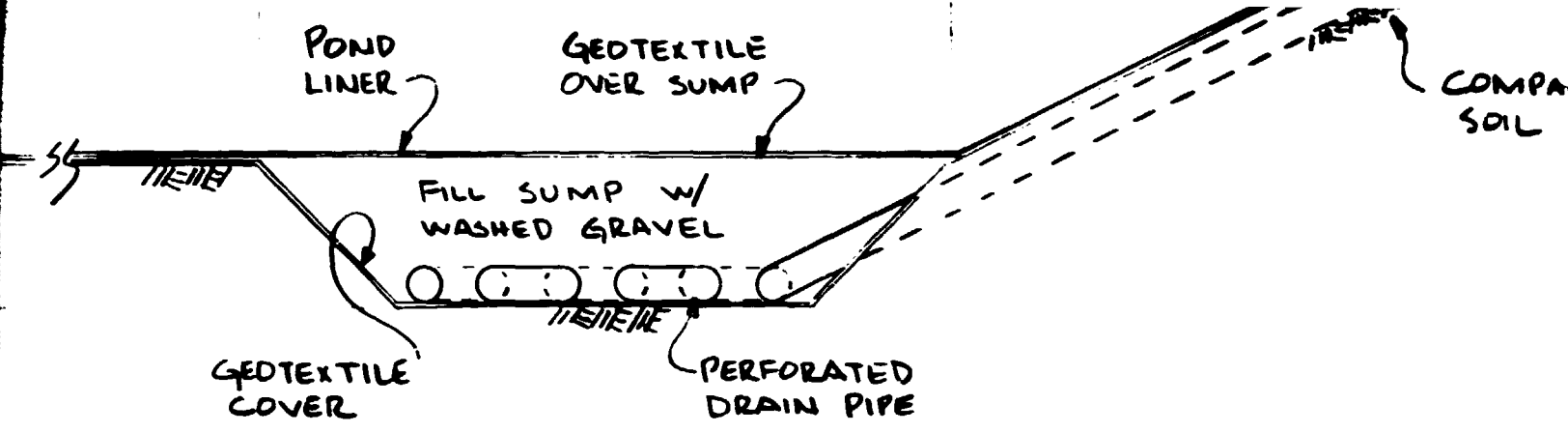


TYPICAL POND SECTION

1:10

SECTION 16





LEAK DETECTION SUMP (LOWER CORNER OF POND)

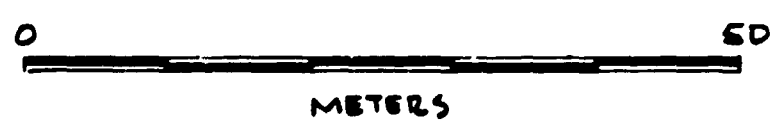
1:10

SECTION

1:10

SECTION 17

AKJC



<p>2 POND ARRANGEMENT 15128          TYP POND SECT. 12-81a</p>	<p>15128</p>	<p>12-81a</p>	<p>Amge pnt</p>
	<p>15128</p>	<p>12-81a</p>	<p>Beact desgr</p>
<p>(Faint text)</p>			<p>Moden</p>
<p>(Faint text)</p>			<p>Geore</p>
<p>(Faint text)</p>			<p>Gepr</p>
<p>(Faint text)</p>			<p>Bome</p>

Kappes, Cassidy &

COMPACTED  
SOIL

P (LOWER CORNER OF POND)

# SECTION 18

AKJOUST, MAURITANIA

	Auftrag Name <b>GOLD HEAP LEACH PLANT          FOR TORCO TAILINGS</b>
	Bezeichnung designation <b>HEAP / POND          LINER &amp; DRAIN          CONSTRUCTION DETAILS</b>
2 POND ARRANGEMENT 1512/8 TYP POND SECT. 12-8/6	Maßstab scale <b>1:500</b>
	Angebots Nr. quot. No. 9-2121-5-0154 Auftrags Nr. comm. No.
	Gezeichnet drawn <b>DS</b>
	Zeichnungs Nr. drawing No. <b>801-11-301 UA</b>
	Geprüft checked
	Bemerkung note
KHD Humboldt Werlag AG	
Kappes, Cassidy & Associates	
DRAWING No. <b>1728-6</b>	