

40288-i

Quarta il ...
navile e le acque residue
... 1913.



ИНСТЕ НААН

A
27630

Mit 4 Taf.

ISTITUTO D'IGIENE DELLA R. UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
DIRETTO DAL PROF. G. SANARELLI

1926:32

Dott. GUIDO Q. RUATA

AIUTO E LIBERO DOCENTE

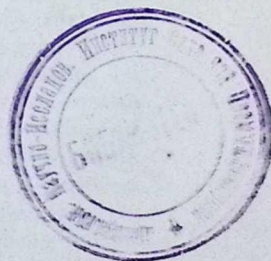
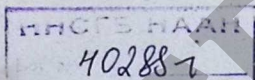
PROFESSORE INC. D'IGIENE NELLA R. SCUOLA D'APPLICAZIONE PER GLI INGEGNERI
MEMBRO DEL CONSIGLIO PROVINCIALE DI SANITÀ

R88

IL CANALE NAVILE
E
LE ACQUE RESIDUE DELLO ZUCCHERIFICIO
DI BOLOGNA



comunicazione fatta alla Società Medica Chirurgica di Bologna
nell'adunanza scientifica del 13 Dicembre 1912



BOLOGNA

TIPOGRAFIA GAMBERINI E PARMEGGIANI

Via Altabella 6 B

1913

ИНСТЕ НААН

Dal *Bullettino delle Scienze Mediche* - Anno LXXXIV, Serie IX, Vol. I
Bologna 1913



I.

Introduzione

Nel presente lavoro sono studiati gli effetti risultanti dalla immissione nel Canale Navile delle acque residue dello Zuccherificio di Bologna — appartenente alla *SOCIETÀ ITALIANA PER L'INDUSTRIA DELLO ZUCCHERO INDIGENO* — ed i mezzi più adatti a sopprimere gli inconvenienti che eventualmente ne derivino, onde contro quelle acque non possa più elevarsi il sospetto o l'accusa di nuocere alla pubblica salute, e neppure di costituire un incomodo più o meno sensibile per le popolazioni distribuite lungo il Canale medesimo.

Tale questione sorse e si venne agitando con varia vicenda dopo pochi anni da che lo Zuccherificio entrò in esercizio, dando luogo a recriminazioni e dibattiti d'ogni specie, talora servendo anche di esca a minacciose manifestazioni collettive d'interesse comunità; onde durante più d'una campagna zuccheriera occorse l'intervento dei Pubblici Poteri e l'interessamento costante della Società esercente l'industria, la quale adottò successivamente numerosi provvedimenti intesi ad ovviare agli inconvenienti denunciati, sia di iniziativa propria sia che le venissero consigliati od imposti dall'Autorità tutrice su proposta degli Enti tecnici incaricati di esaminare il problema.

Però gli studi e le ricerche fatte in proposito, sebbene dovute quasi sempre a persone competenti, risentono tutti di un difetto comune — determinato dalla necessità di far fronte alle esigenze del momento — il quale consiste nell'essersi preso in esame, spesso troppo affrettato e superficiale, solo alcuni elementi, quelli che prima apparivano all'osservazione, per trarne delle deduzioni pratiche che tradotte in rimedi finivano per risultare, e non tutte le volte, dei modesti e fugaci palliati.

Manca negli studi così accumulatisi per successive stratificazioni un logico filo conduttore ed una chiara percezione della realtà; ben spesso non furono rilevati dei dati che avrebbero condotto ad assai diversa e più retta interpretazione dei fatti pur osservati, e non sempre furono accuratamente vagliati e coordinati tutti i punti attorno ai quali le ricerche si erano svolte..... in una parola quelle indagini rivestono un carattere puramente « episodiale » e necessitano di essere raccolte, controllate, completate e sopra tutto passate al crogiuolo di una critica rigorosamente obbiettiva, per poterne trarre quegli insegnamenti di cui tuttavia sono ricche, specie se raffrontate alle svariate vicissitudini attraverso le quali, nel corso degli anni, la questione ebbe a trascinarsi.

Pregato di occuparmi del problema, sì da poterne eventualmente additare la soluzione definitiva, ho tenuto ad affrontarlo *ex novo* in tutta la sua ampiezza e complessità, a riprenderlo dalle origini e decomporlo in ogni suo elemento, per poi ricostruirne l'intera fisionomia, attraverso una serie non breve di ricerche, di indagini, d'inchieste e d'esperienze, durante le quali naturalmente ho tenuto in debito conto quanto in precedenza era stato fatto.

In questo modo, pensavo, avrei potuto giungere a qualche risultato degno di nota.

Nel rendere conto del lavoro da me compiuto, reputo quindi necessario di riferire su tutto quanto formò l'oggetto della mia osservazione; e credo che un esame approfondito del materiale da me raccolto — anche se parte di ciò che verrò esponendo non apparirà a tutta prima direttamente pertinente alla questione — possa dimostrare come nessuno degli elementi onde si compone sia superfluo, giacché tutti concorrono in varia misura a recare la luce sull'argomento.

Nelle pagine che seguono darò anzitutto un'esatta esposizione del come la questione riferentesi alle conseguenze dell'immissione nel Canale Navile delle acque residue dello Zuccherificio si originò e si svolse, fondandomi su dati ufficiali e sulle risultanze delle mie inchieste, a cui seguirà la descrizione del Canale Navile e delle acque residue suddette. Riferirò quindi le ricerche da me compiute sulla natura e la portata delle contaminazioni attribuite a tali acque, e finalmente gli studi e le esperienze ch'io praticai nell'intento di stabilire il modo meglio rispondente allo scopo di eliminare gli inconvenienti che ne possano risultare.

II.

Storia della questione

Sebbene lo Zuccherificio iniziasse le sue lavorazioni nel 1899, epoca della prima campagna, non esiste notizia che si sieno lamentati inconvenienti imputabili alla immissione delle acque residue di essa nel Canale Navile fino al 1902 e cioè durante la quarta campagna zuccheriera. Infatti — da quanto rilevasi in una relazione dell'Ufficiale Sanitario di Malalbergo, dott. Ulisse Zaniboni — in quell'anno si verificarono degli inconvenienti per i quali fu sporto reclamo alla Prefettura di Bologna, poichè, dice la relazione, « il pesce delle valli, industria abbastanza remunerativa per questi paesi, moriva, e le acque del Canale infette dai prodotti dello Zuccherificio inquinavano i pozzi circostanti, oltrechè emanavano un fetore insopportabile per gli abitanti di Malalbergo ». Nella stessa relazione si legge ancora che « nell'epoca in cui si esercita l'industria dell'estrazione dello zucchero di barbabietola le acque del Canale che prima erano limpide e non mandavano fetore alcuno, divengono nerastre e fetidissime: lasciano un deposito verde scuro sulle sponde del Canale, deposito che diviene rossastro indi nero, quando mancano le acque. E si noti fin da principio che il Canale non è mai in magra, anzi l'acqua è a livello costante, per essere tale opera idraulica munita di appositi regolatori. Solamente, dovendosi irrigare risaie e campagne per un lunghissimo territorio, i consorziati hanno stabilito un patto fra essi ossia un turno d'irrigazione che divide in tre spazi il Canale stesso. Essi costruiscono un cosiddetto *cavedone* che ostruendo completamente il canale impedisce un ulteriore decorso alle acque; situandolo ora al primo terzo, ora al secondo, dopo di che raccolgono dalle chiaviche laterali l'acqua e ne usufruiscono in tal modo per turno. Perciò il Canale *non è mai in magra* e ciò lo noto perchè si è voluto attribuire alla scarsità dell'acqua, la causa dell'impurità maggiore di essa, stantechè esse impurità verrebbero diluite in un volume minore del veicolo ».

Vale la pena di rilevare come l'asserzione del Dott. Zaniboni che il Canale *non è mai in magra* non risponde alla realtà, essendo contraddetta dai dati ufficiali che riporterò più oltre (Cap. III).

Il reclamo del 1902 approdò — dice sempre la medesima relazione — a promesse vane.

Nel 1903, mese d'agosto, nuovi reclami furono avanzati dal comune di Malalbergo all'Autorità superiore, per gli inconvenienti riferiti da esso all'immissione nel Canale delle acque residue dello Zuccherificio, e cioè: moria dei pesci nelle valli, inquinamento dei pozzi dell'acqua potabile e fetore emanante lungo il percorso del Canale.

Lo stesso comune incaricava il proprio Ufficiale Sanitario di un'inchiesta che diede luogo alla relazione più sopra citata, presentata il 27 ottobre 1903. Tale relazione porta i risultati delle analisi chimiche effettuate dal prof. Felice Garelli (allora dell'Università di Ferrara) su vari campioni da esso medesimo o dall'Ufficiale Sanitario prelevati tanto lungo il Canale che in alcuni pozzi vicini ad esso nel territorio di Malalbergo.

Per la questione che ci occupa interessa che tali analisi vengano qui riferite:

A. ACQUA DEL CANALE NAVILE

1. A MONTE DELLO ZUCCHERIFICIO

Campione prelevato a circa 20 m. a valle del ponte sulla circonvallazione fra Porta Galliera e Porta Lame, a meno di 1 Km. dallo sbocco in Canale dello scarico dello Zuccherificio — 30 settembre 1903, presentato il 3 ottobre.

Caratteri organolettici: Limpida, quasi incolora. Lieve odore putrido. Poco detrito. Piccola quantità di acido solfidrico rilevata con la carta all'acetato di piombo.

<i>Cloro</i>	per litro gr. 0.0200
<i>Sostanze organiche</i> (in 0 consumato).	» » 0.0072
<i>Acido solfidrico</i>	» » 0.0029
<i>Nitrati</i>	tracce minime
<i>Nitriti</i>	assenza
<i>Ammoniaca</i>	quantità rilevante.
Inquinamento recente da rifiuti organici vari.	

2. ALLO SBocco DELLO SCARICO DELLO ZUCCHERIFICIO

Campione prelevato sotto il ponte della via Maranesa, alla bocca del condotto di scarico in Canale dello Zuccherificio — 30 settembre 1903, presentato il 3 ottobre.

Caratteri organolettici: Torbida, opalescente anche dopo filtrazione. Odore putrido e di acido solfidrico. Forte reazione di H_2S con la carta all'acetato di piombo.

<i>Cloro</i>	per litro gr. 0.0209
<i>Sostanze organiche</i> (in 0 consumato).	» » 0.0420
<i>Acido solfidrico</i>	» » 0.0270
<i>Nitrati</i>	assenza
<i>Nitriti</i>	»
<i>Ammoniaca</i>	enorme quantità.

Inquinamento organico molto aumentato dal precedente dopo l'immissione delle acque di rifiuto dello Zuccherificio. L'acqua con-

tiene una proporzione molto maggiore di sostanze organiche e una quantità quasi decupla di gas solfidrico e ammoniacale. In tali condizioni essa riesce certo velenosa e non v'è possibile la vita animale.

N. B. — Secondo dichiara il dott. Zaniboni nella citata relazione (pag. 5), al prelevamento del campione si constatò che le acque uscivano (dal canale di scolo dello Zuccherificio) in *quantità enorme, con una temperatura elevatissima di 50° C.* circa, con odore spiccatissimo di barbabietola cotta, e presentavano reazione fortemente *alcalina*.

3. A MALALBERGO

a) Campione prelevato dal Ponte di Piazza il 31 agosto 1903.

Caratteri organolettici: Opalina. Detrito nerastro in parte depositosi al fondo. Odore nauseante: si avverte la presenza di H_2S .

Cloro	per litro gr. 0.0236
Sostanze organiche (in 0 consumato).	» » 0.0054
Nitrati	» » 0.0032
Nitriti	quantità rilevante
Ammoniaca	forte quantità
Idrogeno solforato	non dosabile, ma presente alla carta di acetato di piombo.

b) Campione prelevato dalla Chiavica prospiciente Aia Bina, proprietà Mazzacorati, il 31 agosto 1903.

Caratteri organolettici: Opalina. Detrito sospeso e deposto più bianco del precedente. Non si avverte odore di idrogeno solforato.

Cloro	per litro gr. 0.0236
Sostanze organiche (in 0 consumato).	» » 0.0070
Nitrati	assenza
Nitriti	»
Ammoniaca	fortissime tracce
Idrogeno solforato	assenza alla carta all'acetato di piombo.

c) Campione prelevato dalla Chiavica Fondo S. Antonio, proprietà Propaganda Fide, il 31 agosto 1903.

Caratteri organolettici: Opalina. Gran quantità di detrito fiocoso nerissimo. Odore di H_2S .

Cloro	per litro gr. 0.0236
Sostanze organiche (in 0 consumato).	» » 0.0078
Nitrati	assenza
Nitriti	»
Ammoniaca	quantità rilevante
Idrogeno solforato	non dosabile: la carta all'acetato di piombo diventa bruna.

d) Campione prelevato al Sostegno di Malalbergo il 3 settembre 1903 ad ore 11.

Caratteri organolettici: Torbida. Enorme quantità di detrito fioccoso nerissimo in massima parte deposto. Dopo filtrazione l'acqua rimane colorata in nerastro. Odore putrido. La carta all'acetato di piombo sospesa nella bottiglia diventa fortemente bruna.

<i>Residuo secco a 100° C.</i>	per litro gr.	0.6125
<i>Cloro</i>	» »	0.0260
<i>Sostanze organiche</i> (in 0 consumato).	» »	0.0348
<i>Acido solfidrico</i>	» »	0.00087
<i>Nitrati</i>	assenza	
<i>Nitriti</i>	»	
<i>Ammoniaca</i>	quantità fortissima.	

e) Campione prelevato nella stessa località il 7 settembre 1903 ad ore 10.

Caratteri organolettici: Limpida, incolora. Piccolo deposito fioccoso nero. Odore putrido. La carta all'acetato di piombo diventa fortemente bruna.

<i>Residuo secco a 100° C.</i>	per litro gr.	0.3600
<i>Cloro</i>	» »	0.0240
<i>Sostanze organiche</i> (in 0 consumato).	» »	0.0048
<i>Acido solfidrico</i>	» »	0.00043
<i>Nitrati</i>	assenza	
<i>Nitriti</i>	leggerissime tracce	
<i>Ammoniaca</i>	tracce fortissime.	

f) Campione prelevato nella stessa località il 7 settembre 1903 ad ore 18.

Caratteri organolettici: Forte quantità di detrito in sospensione nero. Odore putrido. Dopo filtrazione l'acqua rimane colorata in nerastro. La carta all'acetato di piombo diventa bruna.

<i>Cloro</i>	per litro gr.	0.0260
<i>Residuo fisso a 100° C.</i>	» »	0.4285
<i>Sostanze organiche</i> (in 0 consumato).	» »	0.0148
<i>Acido solfidrico</i>	» »	0.00062
<i>Nitrati</i>	assenza	
<i>Nitriti</i>	»	
<i>Ammoniaca</i>	forte quantità.	

g) Campione prelevato nella stessa località l'8 settembre 1903 a ore 17.

Caratteri organolettici: Limpida. Lievemente giallastra. Inodora. Piccolo deposito colorato in giallastro. Risultato negativo per H_2S alla carta d'acetato di piombo.

<i>Residuo fisso a 100° C.</i>	per litro gr.	0.4030
<i>Cloro</i>	»	» 0.0240
<i>Sostanze organiche</i> (in 0 consumato).	»	» 0.0050
<i>Acido solfidrico</i>	»	»
<i>Nitrati</i>	assenza	
<i>Nitriti</i>	forti tracce	
<i>Ammoniaca</i>	»	»

N. B. — Il dott. Zaniboni commentando nella succitata relazione le precedenti analisi trova (p. 10) che l'acqua del campione g., dell'8 settembre, ha caratteri « analogici » con quella prelevata a monte dello Zuccherificio (30 settembre) sia pei caratteri organolettici che per quelli chimici: e crede che l'analogia provenga dal fatto che tale campione g. fu prelevato in giorno susseguente a 2 giorni di riposo dello Zuccherificio. Tale spiegazione però appare alquanto precaria e stiracchiata: poichè è evidente che se due giorni di cessazione di lavorazione dovessero produrre un effetto così « fulmineo », questo si dovrebbe forzosamente far sentire anche nei campioni prelevati il giorno prima!

B. ACQUA DI POZZO

Campione prelevato nel Pozzo Padova, proprietà Rimondi, a Malalbergo, il 31 agosto 1903.

Caratteri organolettici: Opalina. Forte quantità di detriti depositi, colorati in giallo. Non manda odore di H_2S .

<i>Cloro</i>	per litro gr.	0.0545
<i>Sostanze organiche</i> (in 0 consumato).	»	» 0.0029
<i>Nitrati</i>	assenza	
<i>Nitriti</i>	fortissime tracce	
<i>Ammoniaca</i>	forti tracce	
<i>Idrogeno solforato</i>	assenza.	

N. B. — All'atto del prelevamento del campione l' H_2S si svelava all'odore.

Nelle conclusioni tratte da queste analisi, il Garelli constata che si tratta di acque fortemente inquinate da sostanze organiche in via di decomposizione. Non si poté in esse svelare la presenza di acidi grassi (lattico, butirrico ecc.) nè di zucchero: la presenza quasi costante dell'idrogeno solforato darebbe ragione della moria dei pesci nel canale e nelle valli. L'analista non dice però d'onde crede provenga l'idrogeno solforato.

Per il dott. Zaniboni (relazione citata) la maggior parte dell'inquinamento rilevato dalle analisi è dovuto alle acque residue dello Zuccherificio, alle quali attribuisce anche l'inquinamento dei pozzi: « il fetore tramandato da tali acque — egli scrive — è insop-

portabile ed ammorba l'intero abitato, e se non avvengono malattie infettive degne di nota si è perchè nemmeno gli animali possono usare di tali acque, che non possono neppure servire ad uso di toeletta » (*sic*).

Nello stesso turno di tempo furono pure inviate dal comune di Malalbergo all'Ufficio d'Igiene municipale di Bologna (a mezzo del Medico Provinciale) vari campioni d'acqua del Navile prelevati a Malalbergo, perchè ne fosse proceduto all'analisi chimica e microscopica. Eccone i risultati:

ANALISI CHIMICA (2 settembre 1903)

(Dott. Adolfo Bono)

1. *Campione N. 857* (acque superficiali) Torbidiccia, opalescente, odore solfidrico, ripugnante.

Residuo fisso per 1000 gr. 0.340

Materie organiche (KMn O₄) » » 0.014

Abbondantissima l'*ammoniaca*, presenza di *acido solfidrico* e *fosforico*, notevoli i *cloruri*, abbondanti i *solfati*, assenti i *nitriti* ed i *nitriti*.

2. *Campione N. 858* (strati profondi)

Caratteri organolettici, come sopra.

Residuo fisso per 1000 gr. 0.312

Materie organiche » » 0.0124

Abbondantissima l'*ammoniaca*, notevole l'*idrogeno solforato*, tracce di *fosfati*. Gli altri elementi mineralizzati come sopra. Sedimento di detriti vegetali.

3. *Campione N. 884* (acque superficiali) Torbidiccia, color nero bluastro, fetore di materie azotate e solforate in putrefazione. Abbondante sedimento di detriti vegetali.

Residuo fisso per litro gr. 0.540

Materie organiche » » 0.1488

Abbondantissima l'*ammoniaca*, presenza notevole di *acido solfidrico* e di *fosfati*. Assenza di *nitriti* e *nitriti*.

4. *Campione N. 882* (profondità massima) Torbida, bianco-giallastra, fetore insopportabile. Sedimento come sopra.

Residuo fisso per litro gr. 0.500

Materie organiche » » 0.1085

Presenza notevole di *acido solfidrico* e di *fosfati*. Abbondantissima l'*ammoniaca*.

Per i quattro campioni la conclusione è identica: « Inquinamento da sostanze organiche in decomposizione », di cui però non si tenta stabilire l'origine.

ANALISI MICROSCOPICA (26 ottobre 1903)

(Prof. Floriano Brazzola)

Il risultato fu il seguente:

« Da ripetute ricerche microscopiche eseguite su campioni di acque del Canale Navile a Malalbergo, sia trasmesse dalla R. Prefettura, che inviate direttamente dall' Ufficiale Sanitario, furono riscontrati detriti vegetali e resti animali (uova, ecc.). Non si è però autorizzati ad ammettere un inquinamento di residui dello Zuccherificio di Bologna: si deve anzi notare che detti detriti e resti in genere erano più abbondanti nelle acque prelevate in vicinanza di Malalbergo che del Zuccherificio e che nelle acque prelevate a Malalbergo non si notarono differenze in giorni in cui il lavoro al Zuccherificio era sospeso ».

Frattanto il Ministero dell' Interno (15 settembre 1903) autorizzava il Medico Provinciale, dott. Giuseppe Badaloni, a fare un' inchiesta sulla questione, della quale quest' ultimo presentava una relazione al Consiglio Provinciale Sanitario nella seduta dell' 11 dicembre 1903.

Da tale inchiesta si apprende che gli inconvenienti sono più avvertiti in agosto e principio di settembre, **nelle epoche di massima magra**, assai minori invece alla fine di settembre e in ottobre, quando il Canale è tornato al normale livello. Inoltre dai rilievi fatti in sito (9-16 ottobre, la lavorazione allo Zuccherificio cessò il 18 ottobre) il dott. Badaloni conclude che l' inconveniente maggiore, e cioè il fetore, è specialmente avvertito nei primi tratti dal Zuccherificio e cioè fino a Corticella (6 Km.); diminuisce ed è saluario (15 giorni fra agosto e settembre, epoca di massima magra) a Castelmaggiore (15 Km.), per rendersi sempre meno sensibile nel percorso ulteriore (Bentivoglio e Malalbergo), talché il 16 ottobre egli non lo avvertiva affatto a Malalbergo.

A questo proposito è notevole una dichiarazione resa dal signor Benni, conduttore di vaste risaie in quel di Malalbergo, irrigate con le acque del Canale Navile, il quale affermava di non avere mai verificato alcuno dei fatti denunziati né sapeva che nelle valli si fossero manifestati, pur riconoscendo che in *epoche di magra* emanava dal Canale un odore molesto.

Riguardo ai pozzi il relatore rilevava che « tanto quelli di Malalbergo quanto in genere tutti quelli della zona del Canale sono assai poco profondi ed alimentati dalle infiltrazioni del Canale, di cui seguono le oscillazioni di livello » (*devesi ricordare che il Canale Navile convoglia una gran parte dei liquami di fogna di Bologna e dei paesi limitrofi*).

Lungo il Canale il dott. Badaloni prelevava pure 6 campioni di acqua che furono analizzati dal prof. Dioscoride Vitali, direttore dell'Istituto di chimica farmaceutica della Regia Università di Bologna.

I campioni furono prelevati rispettivamente:

N. 1. (9 ottobre 1903). A 50 m. a monte dello sbocco in Canale del condotto dello Zuccherificio.

N. 2. (9 ottobre). A 3 m. a valle del medesimo.

N. 3. (9 ottobre). A 300 m. a valle del medesimo.

N. 4. (9 ottobre). Presso il mulino di Corticella (6 Km.).

N. 5. (14 ottobre). A Castelmaggiore (15 Km.).

N. 6. (16 ottobre). A monte di Malalbergo (35 Km. circa).

I caratteri organolettici di tali campioni (*consegnati in Laboratorio il 4 novembre 1903, quindi 26, 21 e 19 giorni dopo raccolti!*) erano i seguenti: Odore sgradevole dovuto in parte ad idrogeno solforato e ad altre sostanze organiche che abbiano subito un leggero processo putrefattivo, che si sente anche dopo eliminato l'idrogeno solforato. Aspetto lattescente, dovuto allo zolfo già in parte liberatosi per la decomposizione e reazione *neutra*.

Risultato dell'analisi:

N.	H ₂ S per litro		Sostanze organiche in O consumato per litro	Azoto ammoniacale	Azoto albuminoide
	gr.	cc.			
1	tracce	—	0,0024	tracce	tracce
2	0,0109	7,0	0,0036	piccola quantità	piccola quantità
3	0,0164	10,6	0,0036	idem.	idem.
4	0,0060	4,1	0,0027	tracce	tracce
5	0,0018	1,1	0,0020	—	—
6	nulla	—	0,0018	—	—

In seguito alla sua inchiesta, il Medico Provinciale, riconoscendo che « le già tristi condizioni del Canale sono aggravate dalla immissione in esso dei residui dello Zuccherificio », riteneva necessario di « impedire che tanta parte di sostanze organiche in via di putrefazione o putrefatte, che trovansi sospese nelle acque dello Zuccherificio, si riversi nel canale, e di curare che le acque, prima di tale immissione, sieno epurate in modo da evitare le molestie esalazioni », e quindi proponeva:

a) Di sistemare il bacino di decantazione delle acque residue dello Zuccherificio in modo da renderlo atto alla sua funzione.

b) Di provvedere che le acque di rifiuto non sieno restituite o immesse nel Canale se non abbiano prima subito un trattamento di depurazione, ottenuto sia col processo biologico, sia con filtrazione per torba, o col mezzo che sarà ritenuto migliore per ottenere una depurazione efficace e completa.

L'adozione di tali provvedimenti veniva approvata dal Consiglio Provinciale Sanitario, ed essi erano notificati dalla Prefettura alla Amministrazione dello Zuccherificio (marzo 1904).

Infatti all'inizio della campagna del 1904, i lavori per la depurazione erano eseguiti secondo richiesti e consistevano nelle opere seguenti: « Le acque impure della fabbrica passano in un bacino che da un muro di sbarramento è diviso da un secondo bacino a livello più basso; quest'ultimo ha un filtro meccanico destinato a trattenere le fettucce che non fossero ancora depositate e le altre impurità grossolane, costituito da fascine. Le acque prima di passare al Navile attraversano un esteso filtro a *coke* destinato a purificarle ancora ».

Ad onta di tali provvedimenti, nel settembre il Sindaco di Malalbergo dichiarava al Prefetto:

1. Che nel Canale persiste l'inquinamento grave.
2. Che i pesci muoiono.
3. Che le acque sono fetide e non adoperabili.
4. Che la popolazione è allarmata e reclama provvedimenti.

Nuove indagini vennero allora praticate dal Medico Provinciale, il quale prelevò anche dei campioni d'acqua che furono inviati per le opportune analisi all'Ufficio d'igiene del municipio di Bologna insieme a un flacone contenente del materiale solido galleggiante nelle acque di Malalbergo e raccolto dall'Ufficiale Sanitario. Essi erano i seguenti:

N. 1. (13 settembre). A 100 m. a valle dallo sbocco del condotto dello Zuccherificio.

N. 2. (14 settembre). A Bentivoglio.

N. 3. (14 settembre). Al ponte di piazza di Malalbergo.

N. 4. (21 settembre). Nuovamente a 100 m. a valle dello sbocco del condotto dello Zuccherificio.

N. 5. Materiale semisolido consegnato dall'Ufficiale Sanitario al Medico Provinciale il 14 Settembre.

L'analisi del Direttore del Laboratorio, prof. Floriano Brazzola, dava i seguenti risultati (22 ottobre):

N. 1. Molto torbido per detriti organici amorfi o vegetali; odore accentuato di H_2S , con reazione evidentissima, come pure di NH_3 .

N. 2. Sedimento simile al precedente per quantità e qualità: molto H_2S ed NH_3 .

N. 3. Molto più limpido: non dà odore nè reazione di H_2S . Detriti come ai precedenti ma in quantità minore.

N. 4. Detriti in poca quantità e della composizione dei precedenti. Presente l' NH_3 , manca l' H_2S .

N. 5. Costituito essenzialmente di materiali vegetali con clo-rofilla, alghe, detriti. Ha molta assomiglianza con i detriti dei maceri da canape.

L'Ufficio aveva anche prelevato dei campioni delle acque dello Zuccherificio prima e dopo la filtrazione: questi ultimi contenevano pochissimi residui vegetali e non davano la reazione dell'idrogeno solforato.

Il prof. Brazzola concludeva nuovamente che « non si è autorizzati di ammettere un inquinamento del Canale dalle acque dello Zuccherificio di Bologna ».

Nel novembre il Consiglio Provinciale Sanitario richiedeva l'adozione di un filtro a torba nel bacino di decantazione.

Prima della lavorazione del 1905, lo Zuccherificio — d'accordo con l'Ufficio Sanitario Prefettizio — sistemava i bacini di decantazione e separava le acque di lavaggio e trasporto delle barbabietole (dette *fredde*) da quelle residuanti dalla lavorazione (chiamate *calde*). Sebbene per queste ultime il Medico Provinciale richiedesse anche un trattamento con forti quantità di calce, vi è ragione a credere ch'esso non sia stato praticato nè continuamente, nè nella misura indicata, nella fondata presunzione che tale trattamento avesse potuto condurre ad altri inconvenienti forse peggiori di quelli sino allora lamentati.

Nel 1905, sebbene il Sindaco di Malalbergo reclamasse (5 settembre) contro « il già verificatosi inquinamento delle acque del Canale dovuto alle acque putride immesse nel medesimo in seguito alla lavorazione delle barbabietole » le condizioni appaiono in realtà grandemente migliorate. Infatti non solamente un'inchiesta fatta dal Medico Provinciale lungo tutto il Canale Navile rileva che gli inconvenienti « se non scomparsi, sono assai attenuati » (20 settembre), ma lo stesso Ufficiale Sanitario di Malalbergo dott. Zaniboni, dichiara in una sua lettera del 6 ottobre che « nel corrente anno non ebbero a verificarsi nel Canale Navile gli inconvenienti lamentati gli scorsi anni, prodotti da grave inquinamento delle acque da parte dello Zuccherificio. Pertanto qualsiasi dimostrazione in contrario deve ritenersi errata, perchè fu mia cura di verificare giornalmente se ripetevasi l'inconveniente dei scorsi anni, e non avendo

riscontrato nulla di notevole ritengo che le migliorie introdotte nella depurazione delle acque del Zuccherificio sieno state efficacissime ».

Nel 1906 e nel 1907 non si verifica alcun reclamo, onde *per tre anni consecutivi* (1905-06-07) nessuno dei già lamentati inconvenienti fu rilevato e denunciato dai Comuni interessati.

Però sulla fine del settembre 1908, nuove violente proteste partono dal Sindaco di Malalbergo contro il « persistente inquinamento » del Canale Navile. Onde il Medico Provinciale procede ad una nuova inchiesta, prelevando anche un campione d'acqua del Canale a Malalbergo.

Dall'inchiesta è risultato che i mezzi di depurazione allo Zuccherificio procedevano regolarmente e che v'era luogo a credere che gli inconvenienti deplorati a Malalbergo fossero dipendenti dalla magra che lascia allo scoperto ai margini molta sostanza in putrefazione, e specie dalla natura dell'acqua che raccoglie tutti i rifiuti di Bologna e delle campagne fronteggianti, insieme all'acqua dei macerati, ad una temperatura che favorisce lo sviluppo dei gas.

L'analisi del campione (prelevato il 26 settembre) fu fatta dal dott. Adolfo Bono — direttore del Laboratorio chimico del Municipio di Bologna — con il risultato seguente:

Caratteri organolettici: Torbida, con materia organica in sospensione, odore disgustoso e caratteristico di sostanze in putrefazione.

<i>Residuo fisso a 100°:</i>	gr. 0.348 per litro
<i>Ammoniaca</i>	presente
<i>Nitriti</i>	assenti
<i>Nitrati</i> (in N_2O_5)	gr. 0.005 per litro
<i>Ossidabilità</i> (in $K MnO$)	gr. 0.0275 »
<i>Solfati</i>	nel limite

L'analisi conclude: « Inquinato: è possibile che l'inquinamento provenga da residui di zuccherificio, ma solo un esame sul luogo potrebbe giudicare definitivamente al riguardo » (?).

A Malalbergo intanto continuano le agitazioni e le proteste: un ordine del giorno della cittadinanza recato dal Sindaco al Prefetto afferma che « alle rimostranze del Municipio mosse e reiterate da ben 3 anni (come invece abbiám veduto, nel triennio 1905-06-07 nessuna lagnanza nè ufficiale nè privata era stata avanzata) onde cessasse il gravissimo e perniciosissimo inconveniente, l'Autorità competente non ha saputo altrimenti rispondere che dando lusinghe e platonicamente manifestando buone e vane intenzioni... » denuncia:

a) L'« interdizione » dell'abbeveramento del bestiame.

b) L'inquinamento dell'acqua potabile dei pozzi, specie per la Pegola (frazione a 7 Km. a monte di Malalbergo).

c) Il fetore.

d) La moria dei pesci.

In seguito a ciò una visita fatta allo Zuccherificio (14 ottobre) dal Medico Provinciale, dott. Michele Centonze, insieme all'Ufficiale Sanitario di Malalbergo, dott. Zaniboni, e a due ingegneri del Genio Civile, rileva che « l'epurazione è insufficiente e poca la calce impiegata, mentre allo sbocco in Canale si nota l'odore caratteristico di fettucce indicante che l'acqua contiene sostanze *disciolte* le quali, putrefacendosi lungo il percorso producono i miasmi ». Onde si notifica allo Zuccherificio essere necessario, provvisoriamente, di migliorare le griglie (che trattengono le fettucce); aggiungere un 2° filtro a carbone *vegetale* a quello già esistente per l'acqua fredda; rendere costante il servizio della calce ed estenderlo anche all'acqua fredda; impiantare un filtro a carbone *vegetale* anche per l'acqua calda.

Si chiedono parimenti dei provvedimenti definitivi di « filtrazione chimica » (*sic*).

Nel 1909, prima dell'inizio della lavorazione, viene impiantato allo Zuccherificio l'apparecchio May di cui è detto in altro luogo (Cap. III) per l'eliminazione delle sostanze sospese, e nei bacini di decantazione un doppio filtro a *coke*, separante le acque di lavaggio e trasporto, da quelle di lavorazione, proposto dall'ingegnere Cavalieri Ducati e approvato dal Consiglio Provinciale Sanitario, con riserva, da parte di questo, che si debba procedere all'epurazione biologica quando tale provvedimento si manifestasse insufficiente.

Intanto circa 15 giorni prima che si inizi la lavorazione, all'Amministrazione dello Zuccherificio viene comunicato dalla Prefettura (21 luglio) che « cominciano a giungere vari reclami per l'inquinamento delle acque del Navile causato dai rifiuti dello Zuccherificio »!!

Durante la campagna zuccheriera, si manifestano a Malalbergo le solite proteste.

Queste si ripetono durante la campagna del 1910, specie per l'inquinamento dell'acqua dei pozzi, che peraltro sono giudicate *di per sé impotabili* dall'Ufficiale Sanitario di Bologna, prof. Giuseppe Bellei e dal Medico Provinciale, dott. Giulio Wolner, mentre sia da parte del Genio Civile che dalla Prefettura si constata che gli impianti di depurazione allo Zuccherificio funzionano regolarmente.

Finalmente anche nel 1911, si rinnovano le consuete agitazioni e i reclami a Malalbergo: allo Zuccherificio continuano a funzionare gli stessi impianti opportunamente restaurati al principio della campagna.

Nel 1912, la testè decorsa campagna zuccheriera si è svolta senza che nessun reclamo fosse avanzato; fa eccezione un avvertimento

del Sindaco di Bentivoglio, giunto verso la fine d'agosto, che dal Canale esalavano degli odori miasmitici. È necessario però notare che in quel paese il Canale ristagna frequentemente attorno al Molino Pizzardi e che allora vi si raccolgono detriti d'ogni sorta, comprese numerose carogne d'animali (come anch'io constatai il 15 luglio) in istato di putrefazione.

III.

Il Canale Navile

Il Canale Navile (Vedi Tavola I) è la diretta prosecuzione del Canale di Reno, corso di acqua derivato mediante una Chiusa, sita nel vicino comune di Casalecchio dal fiume Reno.

Dalla Chiusa di Casalecchio, dopo un tratto di m. 5279,80, penetra in città al ponte della Grada, situato all'altezza delle antiche mura, ne attraversa l'abitato e giunge al Paraporto Cavaticcio in Via Riva di Reno (m. 946,65). Quivi esso si divide in due rami: il minore, detto Cavaticcio, lungo m. 987, giunge, sempre fra le case, alle vecchie mura di Porta Lame, mentre il braccio principale, che assume il nome di Canale delle Moline, esce dalla vecchia cinta presso Porta Mascarella dopo percorsi m. 1197,58: di qui seguendo le antiche mura procede sino alla Bova per m. 1362,87.

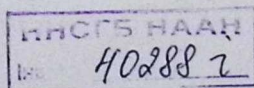
Durante il percorso in città il Canale dirama 94 derivazioni, gran parte delle quali tornano a ricongiungersi al corso principale.

Il Cavaticcio prende il nome di Canale Navile dal punto in cui, entro la vecchia mura, una rampa di discesa segna l'approdo al porto; di qui esso procede per circa 400 metri sino al Sostegno della Bova ove si ricongiunge al ramo principale delle Moline: arricchito delle sue acque corre con andamento alquanto irregolare nella direzione di tramontana fino a Malalbergo, piega poscia verso levante fino al Passo di Segni ove sbocca nel fiume Reno. Lo sviluppo del Canale Navile da Bologna alla foce è di Km. 36,454, per 15 dei quali corre incassato nelle terre adiacenti mentre per i rimanenti è racchiuso da arginature prevalenti sulla massima piena del Canale.

La larghezza del Canale al pelo d'acqua normale varia da m. 10 a 11; la profondità da m. 2,70 a 3,20; il dislivello totale al fondo è di m. 25,82; la pendenza chilometrica al pelo d'acqua varia da 0,011 a 0,44. La portata al minuto secondo varia da mc. 0,90 in massima magra a mc. 10 in periodo d'abbondanza, e si può calcolare che la portata nel periodo in cui si svolge la campagna zuccheriera si aggiri approssimativamente intorno a mc. 3.

Non è facile per le condizioni del corso del Canale — di cui dirò in appresso — farsi un'idea precisa della velocità dell'acqua.

Ruata G. Q.



Da alcune determinazioni da me fatte in vari punti durante i mesi di luglio e agosto essa è risultata di m. 0,93 a m. 1,50 per secondo: altri dati la stimano, per le condizioni estive ordinarie, di 2-3 m. al secondo.

Possiamo quindi stabilire con una buona approssimazione una velocità variante da m. 0,90 a m. 3 al secondo: tenendo largo conto degli eventuali ritardi prodotti lungo il percorso dalle *botti* (raccolte d'acqua ottenute mediante l'arresto temporaneo della corrente) si può asserire che il tratto compreso fra il condotto di scolo dello Zuccherificio e l'abitato di Malalbergo è percorso in un tempo che non supera in genere le 20 ore.

Il Canale di Reno — da cui il Canale Navile si continua — ha origini assai antiche: se ne hanno notizie fino dal 1191, ma il tracciato attuale rimonta al 1367. Fin dall'inizio le sue acque erano condotte a Bologna per uso esclusivamente industriale, come forza motrice o sott'altra forma, ma ad onta delle innumerevoli disposizioni che attraverso i secoli si sono susseguite ad inibirne severamente la contaminazione, esso è divenuto poco a poco il collettore di quasi tutte le fogne di Bologna sia per il suo corso principale, che per il ramo Cavaticco e le 94 derivazioni che se ne dipartono entro l'ambito della vecchia cinta: sono quindi i materiali di rifiuto della gran parte d'una popolazione di 180,000 abitanti che si riversano nel Canale di Reno.

Il Canale Navile doveva in origine servire ai bisogni della navigazione: infatti la navigazione di Bologna in direzione di Ferrara e del Po venne esercitata fin dal secolo XII seguendo i corsi dei torrenti Aposa e Savena, aumentati dalle acque del Canale di Reno (non navigabile fino all'esterno della vecchia cinta murata) che si riunivano in un canale esistente da tempo antichissimo per sboccare a Malalbergo nell'ampio bacino di acque stagnanti — l'antica *Padusa* — che si estendeva sino a Ferrara; nel 1491 vi furono costruiti i primi sostegni a conca in legno, ricostruiti poi in muratura nel 1548; tali sostegni andarono poscia aumentando di numero in diverse epoche fino all'ultimo, quello di Malalbergo costruito nel 1775.

La comunicazione navigabile di Bologna con il Po e l'Adriatico andò soggetta a numerose traversie in conseguenza delle innovazioni introdotte negli ultimi tronchi di Reno e di Po. Sino alla fine del secolo XVII il Canale di Bologna influiva nel Po di Primaro; però dopo la diversione del Reno nella Fossa Sammaritana, la comunicazione andò sempre rendendosi più difficile per interrompersi completamente come è oggi.

Attualmente la navigazione ha per il Canale Navile un'importanza del tutto secondaria; le non numerose barche che vi transitano non oltrepassano la stazza di 18 tonnellate; il traffico assai limi-

tato si riduce al trasporto di cereali, legnami, legna da ardere, strame, ghiaia e pietra.

Le acque del Canale servono invece principalmente a scopo irriguo e per forza motrice (mulini, ecc.).

È necessario il soffermarci ancora un poco sugli inquinamenti delle acque del Canale Navile e sugli usi cui sono destinate. Abbiamo già detto che contribuiscono alla sua alimentazione le acque del fiume Reno convogliate nel Canale omonimo attraverso la Chiusa di Casalecchio: il Canale però oltre a questo carattere di *derivazione* ha anche quello di *canale di scolo*, come abbiamo visto per le fogne bolognesi e come avviene per vari scoli che vi immettono prima e dopo l'entrata in città ed a numerosi torrenti e torrentelli che pure vi sboccano veicolando acque impure.

L'enorme quantità di materiali organici la quale, per tutte queste vie, si riversa quotidianamente nel Canale, se ne costituisce un inquinamento gravissimo, la cui rimozione dovrebbe essere desiderata nel più elementare interesse della pubblica igiene, conferisce però a quelle acque delle proprietà fertilizzanti assai apprezzate dagli agricoltori che di esse usufruiscono. Onde quando la città di Bologna, risolvendosi finalmente a costruire quella fognatura cittadina che rappresenta per la popolazione una necessità urgente ed imprescindibile, toglierà dal Canale per riversarle altrove le acque immonde che ora vi sboccano, è probabile che non lieve danno venga a risentirne l'agricoltura per la perdita dei rifiuti la quale sarà, e per la quantità e per la qualità, in estate particolarmente sentita.

E sarà questo un nuovo episodio dell'eterno dissidio che intercorre fra l'economia e l'igiene!

Oltre alle accennate immissioni, devesi anche ricordare che una vasta superficie di terreni coltivati, adiacenti sia in destra che a sinistra, scolano nel Canale Navile: tale superficie è calcolata dal Sacenti (*Campione delle Utenze del Canale Navile*), in Ea. 2540. Data la natura di tali terreni, si comprende come gli scoli di essi portino un altro e grande contributo all'inquinamento del Canale, e per lo stesso lavaggio del suolo concimato, e per le chiaviche delle numerosissime case coloniche, e per le stalle, le concimaie, i maceri, ecc.

A proposito dei maceri, giova notare che un forte numero di essi, per un'area complessiva di mq. 94791 sono distribuiti lungo il Canale da cui derivano l'acqua occorrente ad alimentarli: molte delle chiaviche di derivazione però servono anche a scaricare nel Canale le acque putride dei maceri stessi al momento in cui lo stato di magra ne consente il deflusso.

Finalmente immettono nel Canale le chiaviche e le fogne dei centri abitati dei comuni di Castelmaggiore, Bentivoglio e Malalbergo e di alcune frazioni di questi e d'altri comuni.

I terreni irrigati dal Canale Navile mediante derivazioni d'acqua appartengono alla parte bassa di esso, a cominciare da poco più di 2 Km. a monte di Bentivoglio (ponte del Paleotto) fino alla foce. Tali terreni sono prevalentemente a cultura umida e servono alla loro irrigazione delle chiaviche apposite in numero di 72, dal ponte del Paleotto allo sbocco in Reno.

Per l'irrigazione vigono ancor oggi le norme contenute nel *Regolamento provvisorio* emanato dalla R. Prefettura di Bologna il 22 giugno 1863, il quale in sostanza dispone che dal 15 maggio al 15 settembre le distribuzioni dell'acqua si facciano in tre turni corrispondenti a tre tronchi in cui a tale scopo viene suddiviso il tratto del Canale comprendendo le chiaviche di derivazione e cioè (v. Tav. I):

1. Dai pressì di Bentivoglio (Paleotto) alla chiavica del Conventino, m. 7645.
2. Dalla chiavica del Conventino al chiavicone Cà Gioiosa, m. 2417.
3. Dal chiavicone Cà Gioiosa alla chiavica Spada (a 97 m. dallo sbocco in Reno), m. 11.327,30.

In totale, dunque (aggiungendo i 97 m. dalla chiavica Spada alla foce) di m. 21.486,50.

Per sei giorni della settimana ogni turno ha rispettivamente 2 giorni di derivazione d'acqua, mentre per 24 ore dalla domenica al lunedì tutta l'acqua serve ad invasare il Canale e ad alimentare la chiavica Spada. Per soddisfare a tali esigenze il Canale viene ostruito in corrispondenza dell'estremità inferiore del turno cui spetta la derivazione per mezzo dei cosiddetti *cavedoni*; ne consegue che per 3 giorni della settimana — e cioè nei due in cui l'acqua spetta al 3° turno e in quello cui spetta alla chiavica Spada — tutto il Canale è invasato dall'acqua: mentre per altri quattro il Canale è parzialmente messo a secco, due giorni per il tratto del 3° turno (derivazione del 2° turno) e due per il tratto del 2° e 3° turno (derivazione del 1° turno).

Vedremo in seguito quale importanza abbia per la questione che ci occupa questo regime di irrigazione che coincide per più di un mese con la campagna zuccheriera.

IV.

Le Acque residue dello Zuccherificio

Le acque di rifiuto riversate nel Canale Navile dallo Zuccherificio durante la campagna di lavorazione delle barbabietole — che dura in media 70 giorni con un lavoro continuo nelle 24 ore — sono di diversa origine:

1. *Acque per il trasporto delle barbabietole.*
2. *Acque per il lavaggio delle barbabietole.*

Queste due specie di acque sono tratte dal Canale Navile — al quale ritornano dopo l'uso — a mezzo di pompe nella quantità totale di mc. 7,006 al minuto primo, di cui mc. 5,506 per il trasporto e mc. 1,500 per il lavaggio. In totale quindi mc. 10080,64 nelle 24 ore.

3. *Acque di lavorazione* fornite dai pozzi tubolari appositamente forati nello stabilimento alla profondità media di m. 20-30, dai quali vengono estratte nella quantità di mc. 4 al l'.

Queste si dividono in acque provenienti dalle presse per le polpe e in acque di scarico delle batterie di diffusione. Si calcola che un quintale di barbabietole fornisca 120 litri d'acqua di batteria e 35 litri d'acqua di presse, in totale 155 litri.

La lavorazione dello Zuccherificio di Bologna è in media di 13.500 quintali di bietole al giorno, con un massimo di 16.000 quintali. I quantitativi giornalieri di acque residue si possono quindi stabilire nel modo che segue:

Acque di pressa	= media	mc. 472,5	al giorno
»	»	massima »	560 »
Acque di diffusione	= media	» 1620	»
»	»	massima »	1920 »

In totale, per le acque di pressa e di diffusione:

media	= mc. 2092,5
massima	= » 2480

Dunque il totale delle acque residue dalle presse per le polpe e dalle batterie di diffusione si può calcolare intorno ai 100 mc. all'ora.

A queste acque più particolarmente inerenti all'industria devono aggiungersi le acque dei cessi e dei lavaggio dei piazzali e pavimenti (acque di servizio e pulizia).

Le varie acque ora descritte giungono tutte per appositi condotti in due fosse comunicanti fra di loro, secondo lo schema portato dalla Tavola II. Da questi passano per un unico canale di efflusso al Canale Navile nel quale sboccano al disotto del ponte della via Carracci.

Data la differente destinazione ed impiego, la composizione delle varie acque residue è, come si comprende, assai diversa. L'acqua di

trasporto e di lavaggio delle bietole contiene principalmente della terra e piccola quantità di sostanze organiche, essendo tutte le parti più grosse — detriti di bietole, code, ecc. — trattenute da appositi sistemi di griglie. Le analisi da me fatte a varie riprese hanno dato i risultati seguenti:

Numero del campione	Sostanze organiche ‰			Sostanze minerali ‰		
	totali	disciolte	sospese	totali	disciolte	sospese
1	0,30	0,13	0,17	2,04	0,36	1,68
2	0,30	0,13	0,17	1,37	0,31	1,06
3	0,30	0,16	0,14	0,94	0,23	0,71
4	0,20	0,15	0,05	0,45	0,28	0,17
Medie . .	0,275	0,1425	0,1325	1,20	0,29	0,90

I campioni di quest'acqua essendo stati prelevati nei canali ove essa scorre, si comprende come molta parte della terra ch'essa realmente contiene fosse già sedimentata, onde i valori delle sostanze minerali sospese riportate nella tabella devono ritenersi inferiori al vero.

Il contenuto in sostanza organica essendo assai modesto, tali acque potrebbero avviarsi direttamente al Canale senza trattamento; ma la quantità di terra ch'esse contengono è assai rilevante onde si correrebbe il pericolo di rendere il fiume melmoso e di interrarlo: nel nostro caso, per darne un esempio, il totale delle bietole lavorate nel 1912 (quintali 770580) ha dato 10310 quintali di terra.

Ad impedire che questa giunga al Canale, fin dal primo anno di lavorazione furono impiantate le due fosse di cui ho parlato più sopra, le quali quindi dovevano avere l'unica funzione di *fosse per sedimentazione della terra*. Non fu che durante le campagne susseguenti — come è stato detto (Cap. II) — che si credette di poterle far servire anche come *fosse di epurazione* nel vero senso della parola per mezzo di barriere di fascine, di *coke* ecc., e con quale risultato abbiamo già veduto.

Le acque di diffusione e di pressa contengono invece una quantità di sostanze organiche assai notevole consistente in detriti delle bietole lavorate. Queste acque — scrive il Vié — sono dei veri residui non utilizzabili che lo stabilimento deve evacuare. Esse sono molto cariche di materie organiche idrocarbonate, di cui lo zucchero forma press'a poco la metà e di detriti vegetali solidi, polpe e frammenti di cellule. Le materie azotate vi mancano quasi del tutto, i

sali minerali sono gli stessi che nell'acqua corrente. Infatti i sali di potassio e di sodio della barbabietola ed i composti amidati sono facilmente diffusibili e passano quasi in totalità nel succo: non restano che i sali dell'acqua che impregna le fettucce, e la materia azotata è ridotta alle piccole quantità di albumine vegetali che non restano nelle polpe. Queste acque *fresche* hanno una reazione neutra e tramandano l'odore caratteristico della barbabietola. Lasciate a sè stesse, non tardano a fermentare producendo acido acetico e butirrico, dall'odore assai penetrante di burro rancido ».

La composizione di tali acque è assai variabile: il Vié ne dà la seguente:

Materie organiche disciolte (per perdita

al rosso) gr. 4-6 . . . per litro

Materie minerali » 1-2 . . . »

Saccarosio » 2-3,5 . . . »

Azoto totale » 0,020-0,030 . . . »

Azoto ammoniacale » 0,002-0,007 . . . »

Materie in sospensione » 5-20 e più . . . »

Io stesso ho determinato in alcuni campioni di acque di presse e di diffusione le quantità di sostanze organiche, ottenendone i dati che seguono:

1. ACQUE DI PRESSA

Numero del campione	Sostanze organiche ‰		
	totali	disciolte	sospese
1	6,60	3,05	3,55
2	6,90	3,15	3,75
3	6,85	3,10	3,75
4	6,75	3,05	3,70
Medie . .	6,77	3,11	3,69

2. ACQUE DI DIFFUSIONE

Numero del campione	Sostanze organiche ‰		
	totali	disciolte	sospese
1	0,47	0,39	0,08
2	1,07	0,95	0,12
3	0,82	0,72	0,10
4	0,58	0,49	0,09
Medie . .	0,73	0,64	0,097

Come si vede, le acque di pressa sono assai più ricche in sostanze organiche, sia sospese che disciolte, di quelle di diffusione.

A diminuire il tenore delle materie in sospensione delle acque di lavorazione, l'Amministrazione dello Zuccherificio ha impiantato fin dal 1909 nello stabilimento un apparecchio depuratore costruito dalla Casa Breitfeld e Daněk su brevetto May. Tale apparecchio è in sostanza costituito da un vaglio composto d'una lamiera metallica a fori circolari di un mm. di diametro: attraverso di esso passano le acque di pressa e di diffusione, riunite in precedenza in un unico condotto, ed abbandonano alla superficie una grande parte dei materiali sospesi: un sistema rotativo di spazzole asporta dalla superficie i materiali depositivi ed assicura nel tempo stesso che i fori della lamiera non vengano intasati.

Quest' apparecchio May è largamente applicato negli zuccherifici in taluno dei quali si è calcolato che sottragga alle acque di lavorazione fino al 70 % delle sostanze sospese. Da essa le acque residue escono conservando una temperatura di 40°-50°, dovuta a necessità di lavorazione.

Le mie analisi sulle acque passate attraverso il May hanno dato i seguenti risultati.

Numero del campione	Sostanze organiche ‰		
	totali	disciolte	sospese
1	4,40	3,20	1,20
2	3,15	2,30	0,85
3	3,02	2,36	0,66
4	4,12	3,07	1,05
Medie . .	3,67	2,73	0,94

Considerando adunque la riunione delle acque di pressa e di diffusione, si avrebbe l'eliminazione media di circa il 50 % delle materie sospese. Queste cifre non hanno però valore assoluto, data la variabilità delle acque in trattamento; per esperienza si sa, infatti, che l'eliminazione delle sostanze sospese ha spesso notevolmente superata la quota anzidetta.

Attualmente tutte le acque di lavorazione passano attraverso il May prima di giungere alle fosse e di là al Canale.

Il veicolo di questi materiali residui, è come ho già detto, rappresentato dalle acque fornite dai pozzi artesiani dello stabilimento,

profondi da 20 a 30 m., di cui la tabella seguente porta la costituzione chimica:

	I. Pozzo mmgr. ‰	II. Pozzo mmgr. ‰
Residuo secco a 180° . . .	649	624
Cloruri { Na Cl	43,9	28,0
{ H Cl		
Carbonato di calcio . . .	336	342
Carbonato di magnesio . .	29,4	22,0
Solfato di calcio	100	99
Solfato di magnesio . . .	78	45
Nitrati	tr. lieviss.	assenza
Nitriti	assenza	»
Ammoniaca	»	»
Sostanza organica . . .	»	»

Concludendo, durante la campagna zuccheriera sono versate nel Canale Navile le acque tratte dal Canale stesso dopo aver servito al trasporto ed al lavaggio delle barbabietole, previa sedimentazione della terra, le acque dei pozzi contenenti disciolte o sospese le sostanze organiche provenienti dalle barbabietole, e le acque dei cessi e di pulizia.

V.

Ricerche sugli Inquinamenti

Prima di esporre i risultati delle mie ricerche sopra la natura e la estensione degli inconvenienti attribuiti alla immissione delle acque residue dello Zuccherificio nel Canale Navile, è necessario premettere una breve critica dei dati offerti principalmente dalla storia della questione testè esposta, in rapporto alle condizioni del Navile e della natura dei rifiuti dello Zuccherificio. Servirà essa a trarre delle conclusioni capaci di meglio lumeggiare la direttiva che ha guidato le ricerche ulteriori.

Bisogna anzi tutto ricordare come le lagnanze contro lo Zuccherificio non si siano verificate ogni anno da che questo è in funzione. Durante le prime tre campagne — anni 1899-1900-1901 — non si ebbe alcun reclamo. Questi cominciarono nel 1902 e continuarono durante il 1903 e 1904 per cessare di nuovo durante il 1905-1906-1907:

riprese con maggior violenza nel 1908 durando pure nel 1909-1910 e 1911. Nella campagna di quest'anno nulla si ebbe a lamentare da parte dei comuni interessati, meno un fugace avviso del Sindaco di Bentivoglio del quale ho già parlato; e ciò ad onta che il Prefetto di Bologna, accogliendo con premura assai cortese una mia preghiera, avesse dato istruzione ai Sindaci ed agli Ufficiali Sanitari di segnalare immediatamente qualsiasi inconveniente fosse eventualmente per verificarsi. Io stesso con appositi incaricati stabili e mantenni una continua vigilanza lungo il Canale Navile, ma nulla mi fu riferito mai degno di nota.

La non continuità degli inconvenienti e quindi della denuncia di essi da parte di coloro che tuttavia dimostrarono più d'una volta di sapere energicamente ed abbondantemente protestare contro quei fatti che essi riputavano lesivi per la pubblica salute e per l'economia, è un fenomeno meritevole di attento esame, allo scopo di rintracciarne le cause.

Le quali dovrebbero comprendersi fra le seguenti:

1° Limitata lavorazione delle barbabietole e quindi minore immissione di acque residue in Canale.

2° Condizioni meteorologiche tali da ostacolare e ridurre al minimo le fermentazioni delle acque residue e perciò le esalazioni e gli altri prodotti.

3° Attuazione di provvedimenti che abbiano nettamente migliorate le condizioni delle acque residue.

4° Variazioni intervenute nello stato del Canale.

Riguardo alla prima ipotesi, la seguente tabella che porta le quantità di barbabietole lavorate nelle 14 campagne e le acque di lavorazione (presse e diffusione), le quali specialmente — per le ragioni già esposte — debbono essere considerate ai fini della questione che ci occupa, ci dà una risposta esauriente (le cifre sottolineate si riferiscono alle annate in cui non si lamentarono inconvenienti).

Anno	Barbabietole lavorate in quintali	Acque residue in metri cubi
<u>1899</u>	<u>306966, 15</u>	<u>47519, 75</u>
<u>1900</u>	<u>614088, 26</u>	<u>95183, 68</u>
<u>1901</u>	<u>655227, 85</u>	<u>101560, 22</u>
1902	519397, 22	80506, 57
1903	772726, 14	119772, 55
1904	591503, 83	91745, 09
<u>1905</u>	<u>484136, 62</u>	<u>75041, 18</u>
<u>1906</u>	<u>597922, 05</u>	<u>92677, 91</u>
<u>1907</u>	<u>590899, 09</u>	<u>91598, 35</u>
1908	927335, 70	143737, 03
1909	418447, 31	64859, 33
1910	635881, 29	98561, 60
1911	822525, 06	127491, 38
<u>1912</u>	<u>770580, 00</u>	<u>119439, 90</u>

La tabella non richiede alcun commento: essa dimostra all'evidenza che non v'è nessuna relazione fra la proporzione quantitativa delle barbabietole lavorate, e perciò delle acque residue, e l'avvicinarsi degli inconvenienti denunziati; poichè questi non vennero rilevati anche in anni di forti lavorazioni, mentre — viceversa — lo furono anche in annate in cui le barbabietole vennero lavorate in quantità minore.

Per rispondere alla seconda ipotesi, se cioè le fermentazioni sieno state ostacolate e ridotte al minimo, si dà non lasciar avvertire l'odore delle esalazioni, da basse temperature predominanti o dalla pioggia caduta abbondante e durante numerosi giorni, ho compilato la seguente tabella sui dati fornitimi dell'Osservatorio della R. Università di Bologna (cifre sottolineate come sopra).

Anni	Agosto				Settembre				Ottobre				
	Temperatura		PioGGie	Numero dei giorni	Temperatura		PioGGie	Numero dei giorni	Temperatura		PioGGie	Numero dei giorni	
	Massima	Minima			Media	Massima			Minima	Media			Massima
			mm.	mm.			mm.	mm.					
1899	32° 8	13° 2	24° 4	4	31° 2	11° 3	20° 4	8	33° 2	5° 1	13° 3	9	77, 0
1900	31° 1	15° 0	22° 6	4	28° 2	12° 6	20° 5	8	24° 4	7° 8	15° 5	11	75, 3
1901	29° 6	15° 9	23° 3	8	27° 4	13° 2	19° 2	13	22° 0	9° 1	14° 6	14	218, 3
1902	33° 8	14° 0	23° 7	5	29° 6	10° 5	16° 6	8	20° 6	8° 0	13° 7	15	114, 0
1903	33° 1	16° 4	24° 5	2	30° 8	12° 7	21° 1	6	24° 3	7° 8	15° 8	12	72, 0
1904	33° 8	13° 3	24° 5	7	26° 8	8° 1	17° 5	11	22° 3	7° 4	13° 7	9	82, 3
1905	32° 6	16° 0	24° 0	6	29° 4	13° 7	21° 0	8	21° 1	3° 0	10° 3	12	121, 7
1906	33° 7	13° 9	24° 8	3	30° 6	9° 2	18° 8	7	29° 0	7° 2	14° 6	10	50, 3
1907	34° 3	14° 4	24° 4	5	28° 0	14° 0	19° 8	8	22° 0	10° 4	16° 7	16	100, 7
1908	32° 9	16° 4	23° 0	10	26° 8	11° 7	19° 2	4	26° 4	4° 9	14° 6	5	36, 4
1909	33° 4	14° 8	23° 7	8	26° 8	14° 7	19° 1	9	22° 8	7° 1	15° 5	9	28, 3
1910	32° 4	16° 5	23° 7	7	26° 0	9° 0	17° 5	12	23° 4	8° 1	14° 0	14	113, 1
1911	33° 5	19° 3	25° 6	5	31° 6	13° 0	21° 4	8	21° 2	8° 0	14° 3	7	77, 8
1912	30° 1	17° 3	23° 3	4	26° 6	9° 3	16° 3	11	23° 4	7° 4	12° 7	8	54, 6

L'ispezione di essa non permette di scoprire alcun nesso di questo genere, perchè indistintamente noi troviamo gruppi di temperature basse o elevate, e piogge abbondanti e frequenti o scarse e rare, sia nelle annate in cui spesseggiarono i reclami che in quelle in cui non si ebbe alcun sentore di nessuna sorta di inconvenienti.

E passiamo alla terza questione, cioè se in quegli anni in cui nulla venne rilevato a carico del Canale siano stati attuati dei provvedimenti tali per cui le acque residue del Zuccherificio non potessero più dar luogo ai noti inconvenienti.

Ad essa non è difficile rispondere in modo categorico, seguendo cronologicamente la storia dei tentativi fatti a tale scopo.

Come si è già detto, durante i primi tre anni della lavorazione non si ebbe alcuna lagnanza lungo il Canale, riferibile alle acque residue dello Zuccherificio. In quei tre anni tuttavia non esisteva alcun mezzo di depurazione, non potendosi considerare per tali le due vasche destinate originariamente come bacini di decantazione della terra asportata col lavaggio delle barbabietole, nelle quali inoltre non era stato installato ancora nessun « filtro » anche il più rudimentale e grossolano: le acque residue fluivano in Canale direttamente, allo stato bruto, senza trattamento di sorta e seco trascinavano anche delle code, delle fettucce e altri frustoli di barbabietole che in seguito vennero trattenuti con mezzi appositi (griglie, fascine, ecc.).

Le prime fugaci avvisaglie si hanno nel 1902, e nel 1903 — come sappiamo — i reclami scoppiano pienamente.

È solo nel 1904 che, all'inizio della campagna sono stati approntati nelle due fosse che conosciamo i primi sbarramenti, le fascine e i « filtri a coke » prescritti dalla Prefettura, i quali tuttavia non impediscono che durante tutta la campagna del 1904 le lagnanze fiocchino continuamente.

Segue un periodo di tre anni in cui non si ha più sentore di alcun inconveniente; io credo sia puerile attribuirlo realmente all'aggiunta di un altro « filtro » nel bacino e al vago trattamento alla calce di cui si è parlato, e che, a quanto mi risulta, non fu veramente mai eseguito!

Nel 1908 i reclami contro gli inconvenienti attribuiti alle acque residue dello Zuccherificio risorgono con nuova violenza e si ripetono ad ogni campagna, sino a tutto il 1911.

Ebbene, per la campagna del 1908, le condizioni in cui vengono mandate in Canale le acque residue sono identiche a quelle degli anni precedenti; nel 1909 si migliorano e si ampliano i cosiddetti « filtri » nei bacini e si adotta l'apparecchio May che costituisce l'unico e vero miglioramento apportato alle acque di diffusione o di

pressa, per la grande quantità di sostanze sospese ch'esso, come si è notato, ritiene; e finalmente nel 1910, 1911, 1912 nulla di più si è fatto di quanto ora ho detto.

Tutto questo, secondo me, dimostra che il verificarsi degli inconvenienti nelle acque del Canale, o per lo meno la loro denuncia, non sono affatto in dipendenza di quello che si è tentato di fare per rendere inoffensive le acque residue; e dimostra altresì che i provvedimenti adottati, all'infuori del May, non hanno prodotto alcuno dei miglioramenti sperati, cosa che del resto avrebbe potuto prevedersi quando essi non fossero stati prescritti sotto l'urgenza del momento ed in seguito a troppo sommari « sopralluoghi », i quali dovevano condurre ad apprezzamenti errati sulle condizioni reali delle acque residue e quindi dei provvedimenti da prendersi.

Rimane per ultimo la quarta ipotesi e cioè che si siano verificate nello stato del Canale delle variazioni tali che siano in grado di giustificare le alternative suddette. Le mie indagini e ricerche presso tutti gli Enti competenti non mi hanno permesso di scoprire nulla di simile, essendo state le vicende del Canale praticamente immutate durante questi ultimi 14 anni.

Il fatto, adunque, che su 14 anni di lavorazione solamente in sette sieno stati rilevati degli effetti riferibili alla fermentazione delle acque residue dello Zuccherificio, rimane immutato non meno che inspiegabile: è evidentemente ben difficile di trovarne una spiegazione che vada d'accordo, nell'assenza dei dati informativi più sopra esposti, con le attuali nostre cognizioni scientifiche. Ed in presenza di tale constatazione, non esito a confessarlo, la mente corre con insistenza a quanto lo Stohmann — la cui competenza in materia è universalmente nota — scrisse sulle immissioni delle acque residue degli zuccherifici nei corsi d'acqua a portata limitata:

« Soltanto in quella località in cui la fabbrica sorge sulle sponde di un gran fiume a rapida corrente, si può senz'altro versare in esso le acque di rifiuto. Ma quando si debba usufruire di un lento fiumicello o di un piccolo rivo, allora, procedendosi in tal guisa, una intera serie di processi sarà intentata contro la fabbrica. Confinanti molto lontani accuseranno la fabbrica perchè non possono più bere l'acqua del ruscello, a cui forse non hanno mai attinto; altri vedranno morire i pesci nei loro stagni; insomma la fabbrica non giungerà a liberarsi da bisticci, opposizioni e pretese d'indennizzi e si vedrà persino, in certi casi, esposta alla cessazione dell'esercizio per ordine delle Autorità »!

Il quadro è preciso, e tutti gli zuccherieri ne sanno qualche cosa: e in quest'ordine d'idee non si può dimenticare che, come già rilevai, mentre nel settembre 1905 il Sindaco di Malalbergo denunciava alla Prefettura « il già verificatosi inquinamento delle acque del Canale da parte delle acque dello Zuccherificio, a pregiudizio della pubblica salute », un mese dopo l'Ufficiale Sanitario dello stesso Comune dichiarava verbalmente e lo confermava per iscritto, pure alla Prefettura, che durante tale anno « non si erano verificati gli inconvenienti degli anni precedenti ». Così come nel 1909, circa 15 giorni prima che la lavorazione allo Zuccherificio incominciasse, la Prefettura annunciava alla Direzione del medesimo che erano già pervenuti vivi reclami per l'inquinamento delle acque del Canale Navile causato dai rifiuti del Zuccherificio e la invitava a provvedere!

Con questo io son ben lontano dal volere supporre che un'ingente quantità di sostanze organiche come quella rappresentata dalle acque residue dello Zuccherificio fermentando lungo il corso del Canale, non possa dar luogo ad esalazioni e fors'anco ad inconvenienti di altro genere! Ma quando esse si mescolano ad acque che, per tante altre cause vaste e continue, sono già manifestamente e largamente putrescenti, sembrami opportuno e doveroso di volgere l'attenzione a tutti quei fatti ben osservati che valgano a far sceverare, fin dove è possibile, ciò che alle acque residue dello Zuccherificio è realmente ad imputarsi da quello che con esse non ha nulla a fare.

*
* * *

Come abbiamo veduto, gli inconvenienti che vengono attribuiti alla immissione delle acque residue dello Zuccherificio nel Canale Navile sono i seguenti:

1. L'inquinamento delle acque del Canale.
2. L'inquinamento dei pozzi vicini.
3. L'avvelenamento e la morte dei pesci.
4. Le esalazioni fetide.

Per valutare la portata dei primi due (*inquinamento del Canale e dei pozzi*) dobbiamo ancora richiamarci alle condizioni permanenti del Canale che riceve le acque residue: esso cioè, non è che un raccoglitore di una continua enorme quantità dei più temibili materiali organici, acque di fogna, scoli di strade, residui industriali (fra cui quelli di numerose concerie di pelli) scoli di campagne (terreni concimati, letami, stalle, maceri), carogne di animali ecc. All'infuori

dunque delle acque residue dello Zuccherificio, il Canale è stabilmente contaminato in larghissima misura, talchè l'auto-epurazione di ciascun tratto di esso è frustrata dalle continue immissioni dei tratti successivi, e l'inquinamento totale di esso trova ad ogni momento, per così dire, dei *punti di rinforzo*.

In questo stato di cose, si comprende *a priori* quali possono essere i dati forniti dalle analisi chimiche e batteriologiche che in diverse epoche e da vari osservatori vennero eseguite.

Riferisco come termine di confronto le analisi da me praticate antecedentemente — in uno studio sugli inquinamenti del Canale di Reno — su quattro campioni comprendenti tutto il corso *intra muros* dell'Aposa, la maggiore delle fogne collettrici della città di Bologna, riassunte nella tabella che riporto:

Milligrammi per litro Batteri per centim. cubo	1	2	3	4
Cloro	22,7	25,9	18,4	16,3
Ammoniaca	1,4	1,5	1,4	1,3
Anidride nitrosa . .	0,9	0,8	0,8	0,6
» nitrica	9,7	8,4	13,7	11,6
Ossig. per le sost. org.	13,7	12,4	10,5	9,6
Batteri fondenti . .	20.000	20.000	40.000	20.000
» non fondenti . .	100.000	180.000	3.870.000	2.620.000
» totale	120.000	200.000	3.910.000	2.640.000

Se cominciamo dal raffrontare le caratteristiche di quest'acqua di fogna con quella del *Canale di Reno*, noi troveremo che esse sono assai vicine: servano come esempio le analisi seguenti, pure tolte tra le varie da me altra volta compiute sul Canale di Reno, delle quali quelle della prima tabella si riferiscono ad un'epoca di portata normale e quelle della seconda ad un periodo di piena:

I.

Milligrammi per litro Batteri per centimetro cubo	P. Grada	Mascarella
Cloro	12,0	14,0
Ammoniaca	0,8	0,7
Anidride nitrosa	0,05	0,6
» nitrica	4,5	5,9
Ossigeno per le sostanze organiche. . . .	2,9	2,7
Batteri fondenti	100.000	100.000
» non fondenti	600.000	200.000
» totale	700.000	300.000

II.

Milligrammi per litro Batteri per centimetro cubo	Grada	Lame	Moline	Mura
Cloro	11,0	10,0	14,0	10,0
Ammoniaca	0,6	0,5	0,4	0,9
Anidride nitrosa	0,1	0,4	0,5	0,1
» nitrica	25,7	21,5	18,2	12,3
Ossigeno per le sostanze organiche . .	6,5	7,6	8,9	4,7

Batteri. — Dopo due giorni tutte le piastre son completamente fluidificate rendendo impossibile qualsiasi conteggio.

Per quanto riguarda il Canale Navile più propriamente detto, durante l'estate-autunno di quest'anno ho praticato diverse serie di analisi chimiche comprendenti tutto il corso di esso in modo da stabilirne le condizioni prima della lavorazione delle barbabietole, durante di questa e dopo terminata.

Le mie analisi vanno dal 25 Luglio al 25 Ottobre; la campagna di lavorazione è cominciata allo Zuccherificio il 6 Agosto ed è finita il 3 Ottobre.

Ogni serie di analisi è stata fatta su campioni d'acqua e di fango del letto del Canale prelevati simultaneamente nei punti seguenti:

1. Bologna (Ponte della Ferrovia) a 140 m. a monte dello sbocco in Canale del condotto dello Zuccherificio.

2. Corticella a circa 5 Km. da detto sbocco.

3. Castelmaggiore (subito a monte del paese) a 8 Km. da detto sbocco.

4. Bentivoglio (Frazione Ringhiera, 4 Km. a monte del capoluogo), a 13 Km. da detto sbocco.

5. Malalbergo (all'altezza dello Scolo Riolo, a poche centinaia di metri a monte del paese), 36 Km. da detto sbocco. In quei giorni però in cui il 1° e 2° turno d'irrigazione mantenevano la secca nel 3° tronco o nel 2°, l'ultimo campione fu preso più a monte, all'estremo cioè del tronco in funzione; questo è avvenuto nei giorni 9 agosto, 11 agosto, 15 agosto, ed è avvenuto anche il giorno 23 settembre, in cui il Canale era stato messo in secco nei pressi di Malalbergo a causa di lavori che vi si eseguivano.

Le tabelle seguenti riassumono i risultati delle mie analisi: per le acque i valori sono espressi in grammi per 100 litri, e per il fango la perdita alla calcinazione è riferita a 100 grammi di sostanza secca.

I. SERIE — 25 Luglio 1912.

Temperatura: massima 29° 4, minima 22° 4. Pioggia: 0.

Ultima pioggia: 7 luglio, mm. 0, 2.

Decade meteorologica: Temperatura media 24° 6. Pioggia mm. 13, 6

	Bologna	Cortice	Castelmaggiore	Bentivoglio	Malalbergo
Sostanze sospese { totale	14, 60	4, 25	4, 80	9, 47	13, 25
{ perdita alla calcin. .	1, 40	0, 15	0, 25	0, 40	0, 65
Sostanze disciolte { totale	30, 00	30, 50	32, 50	33, 00	45, 50
{ perdita alla calcin. .	6, 50	6, 50	6, 50	9, 50	12, 50
Cloro	5, 50	2, 20	2, 30	3, 20	2, 80
Anidride nitrica	traccie	0, 18	0, 17	0, 22	0, 05
Anidride nitrosa	0, 20	0, 83	0, 41	0, 38	0, 19
Ammoniaca	0, 10	0, 11	0, 13	0, 14	0, 15
Azoto totale	0, 2132	0, 1312	0, 1804	0, 1968	0, 2296
Azoto albuminoide	0, 1312	0, 0410	0, 0738	0, 0820	0, 1066
Sostanze organiche in 0 consum. . .	0, 400	0, 132	0, 200	0, 240	0, 324
Idrogeno solforato	0	0	0	0	0
Fango: perdita alla calcin.	5, 70	4, 51	6, 60	3, 19	6, 74

II. SERIE — 5 Agosto 1912.

Temperatura: massima 29° 2, minima 21° 2. Pioggia: mm. 0, 3.

Ultima pioggia: 29 luglio, mm. 13, 6.

Decade meteorologica: Temperatura media 24° 4. Pioggia mm. 13, 0

	Bologna	Cortice	Castelmaggiore	Bentivoglio	Malalbergo
Sostanze sospese { totale	8, 55	7, 95	4, 90	8, 00	3, 60
{ perdita alla calcin. .	1, 79	0, 79	0, 34	0, 54	0, 29
Sostanze disciolte { totale	28, 50	36, 20	36, 80	37, 80	35, 70
{ perdita alla calcin. .	10, 00	12, 50	12, 00	13, 40	11, 60
Cloro	2, 50	2, 25	2, 50	2, 96	2, 60
Anidride nitrica	tr. min.	0, 18	0, 18	0, 21	0, 30
Anidride nitrosa	0, 05	0, 15	0, 19	0, 05	0, 10
Ammoniaca	0, 10	0, 18	0, 21	0, 23	0, 08
Azoto totale	0, 2213	0, 2013	0, 2901	0, 2640	0, 2341
Azoto albuminoide	0, 1320	0, 0615	0, 1322	0, 0584	0, 1719
Sostanze organiche in 0 consum. . .	0, 324	0, 272	0, 304	0, 324	0, 264
Idrogeno solforato	+ +	+	0	0	0
Fango: perdita alla calcin.	4, 08	6, 24	7, 81	2, 77	5, 84

III. SERIE — 7 Agosto 1912.

Temperatura: massima 25° 6, minima 20° 8. Pioggia mm. 12,7 (*)

Ultima pioggia: 5 agosto, mm. 0,3.

Decade meteorologica: Temperatura media 24° 4. Pioggia mm. 13,0

	Bologna	Cortice- cella	Castel- mag- giore	Benti- voglio	Malal- bergo
Sostanze sospese { totale	2,45	7,80	4,25	8,15	16,50
{ perdita alla calcin.	0,54	0,32	0,31	0,96	0,82
Sostanze disciolte { totale	29,00	34,20	39,30	35,80	36,70
{ perdita alla calcin.	10,00	11,50	13,00	12,00	11,00
Cloro	2,30	2,15	2,01	2,78	2,95
Anidride nitrica	tr. min.	0,17	0,19	traccie	0,26
Anidride nitrosa	0,01	0,26	0,21	0,02	0,13
Ammoniaca	0,08	0,15	0,19	0,15	0,10
Azoto totale	0,2118	0,1978	0,2436	0,1713	0,2216
Azoto albuminoide	0,1406	0,0891	0,0963	0,0423	0,1315
Sostanze organiche in 0 consum.	0,336	0,288	0,344	0,340	0,272
Idrogeno solforato	0	0	0	0	0
Fango: perdita alla calcin.	7,52	9,90	11,53	6,74	15,54

(*) Temporale nel pomeriggio; i campioni furono prelevati in primo mattino.

IV. SERIE — 9 Agosto 1912.

Temperatura: massima 26° 6, minima 19,3. Pioggia 0.

Ultima pioggia: 7 agosto, mm. 12,7.

Decade meteorologica: Temperatura media 24° 4. Pioggia mm. 13,0

	Bologna	Cortice- cella	Castel- mag- giore	Benti- voglio	Malal- bergo
Sostanze sospese { totale	14,25	3,75	4,90	9,15	17,60
{ perdita alla calcin.	1,49	0,47	0,41	0,96	2,07
Sostanze disciolte { totale	25,20	30,80	29,80	30,50	41,70
{ perdita alla calcin.	18,60	10,00	9,80	9,80	13,80
Cloro	2,00	2,17	2,10	2,20	2,05
Anidride nitrica	tr. min.	0,11	traccie	0	0,12
Anidride nitrosa	0,006	0,012	0,017	0,006	0,06
Ammoniaca	0,046	0,03	0,028	0,043	0,086
Azoto totale	0,2012	0,1315	0,1824	0,1115	0,2018
Azoto albuminoide	0,1713	0,1108	0,1485	0,0922	0,1548
Sostanze organiche in 0 consum.	0,260	0,216	0,220	0,268	0,356
Idrogeno solforato	++	+	0	0	0
Fango: perdita alla calcin.	14,28	12,27	15,32	10,29	13,01

V. SERIE — 11 Agosto 1912.

Temperatura: massima 24° 3, minima 18° 3. Pioggia: 0.

Ultima pioggia: 7 agosto, mm. 12, 7.

Decade meteorologica: Temperatura media 23° 0. Pioggia mm. 0, 3

		Bologna	Cortice	Castelmaggiore	Bentivoglio	Malalbergo
Sostanze sospese	totale	18, 10	177, 32	4, 08	4, 89	12, 59
	perdita alla calcin.	2, 74	26, 64	0, 50	0, 99	1, 97
Sostanze disciolte	totale	24, 20	30, 70	35, 30	34, 20	32, 90
	perdita alla calcin.	8, 00	9, 10	11, 30	11, 20	9, 80
Cloro		2, 20	2, 12	2, 35	3, 12	1, 92
Anidride nitrica		0	0	0, 18	0	0, 11
Anidride nitrosa		0	0	0, 014	traccie	0, 05
Ammoniaca		0, 03	0, 01	0, 023	0, 03	0, 091
Azoto totale		0, 2086	0, 1318	0, 1736	0, 1232	0, 2133
Azoto albuminoide		0, 1735	0, 1116	0, 1670	0, 1003	0, 1317
Sostanze organiche in 0 consum.		0, 208	0, 296	0, 400	0, 388	0, 624
Idrogeno solforato		0	0	0	0	0
Fango: perdita alla calcin.		11, 86	17, 18	13, 50	10, 98	11, 38

VI. SERIE — 13 Agosto 1912.

Temperatura: massima 27° 3, minima 18° 7. Pioggia mm. 0, 3 (*).

Ultima pioggia: 7 agosto, mm. 12, 7.

Decade meteorologica: Temperatura media 23° 0. Pioggia mm. 0, 3.

		Bologna	Cortice	Castelmaggiore	Bentivoglio	Malalbergo
Sostanze sospese	totale	11, 67	5, 27	3, 88	6, 60	5, 11
	perdita alla calcin.	0, 84	0, 62	0, 39	0, 21	0, 93
Sostanze disciolte	totale	26, 80	29, 40	29, 40	29, 40	26, 90
	perdita alla calcin.	9, 10	9, 30	9, 40	9, 40	9, 90
Cloro		2, 30	2, 00	2, 28	2, 11	1, 87
Anidride nitrica		0	0	0, 04	0	0, 10
Anidride nitrosa		0	0	0, 012	traccie	0, 07
Ammoniaca		0, 18	0, 07	0, 13	0, 13	0, 10
Azoto totale		0, 2145	0, 1421	0, 1973	0, 1896	0, 2091
Azoto albuminoide		0, 1517	0, 1203	0, 0915	0, 0496	0, 1212
Sostanze organiche in 0 consum.		0, 260	0, 188	0, 356	0, 252	0, 240
Idrogeno solforato		+	0	0	0	0
Fango: perdita alla calcin.		7, 97	10, 88	16, 23	10, 57	12, 44

(*) Pioggia a sera; i campioni furono prelevati in primo mattino.

VII. SERIE — 15 Agosto 1912.

Temperatura: massima 24° 7, minima 22° 3. Pioggia: 0.

Ultima pioggia: 13 agosto, mm. 0,3.

Decade meteorologica: Temperatura media 23° 0. Pioggia mm. 0,3.

	Bologna	Corti- cella	Castel- mag- giore	Benti- voglio	Malal- bergo
Sostanze sospese { totale	83,32	9,31	92,38	97,23	4,20
perdita alla calcin.	7,68	1,16	9,02	10,09	0,79
Sostanze disciolte { totale	19,80	28,20	23,40	22,20	38,20
perdita alla calcin.	6,30	9,10	7,40	8,30	14,30
Cloro	1,70	1,90	1,90	2,10	1,40
Anidride nitrica	0,15	0	traccie	0	0,27
Anidride nitrosa	0,10	tr. min.	0,04	0,05	0,11
Ammoniaca	0,04	0,04	0,03	0,03	tr. min.
Azoto totale	0,1640	0,1476	0,1312	0,1312	0,2310
Azoto albuminoide	0,1312	0,1148	0,1066	0,1066	0,1906
Sostanze organiche in 0 consum. . .	0,320	0,292	0,268	0,264	0,552
Idrogeno solforato	+	+	0	+	0
Fango: perdita alla calcin.	12,18	15,62	15,28	11,61	12,65

VIII. SERIE — 4 Settembre 1912.

Temperatura: massima 23° 8, minima 17° 2. Pioggia: 0.

Ultima pioggia: 31 agosto - 2 settembre, mm. 13,7.

Decade meteorologica: Temperatura media 19° 7. Pioggia mm. 26,9.

	Bologna	Corti- cella	Castel- mag- giore	Benti- voglio	Malal- bergo
Sostanze sospese { totale	10,13	8,38	7,82	9,50	24,15
perdita alla calcin.	2,14	1,44	1,23	1,43	1,33
Sostanze disciolte { totale	31,20	32,90	35,80	40,20	46,00
perdita alla calcin.	11,30	11,20	12,80	13,90	15,50
Cloro	1,80	2,00	1,70	1,40	2,10
Anidride nitrica	traccie	tr. min.	tr. min.	traccie	0,12
Anidride nitrosa	traccie	tr. min.	tr. min.	0,017	0,014
Ammoniaca	0,20	0,12	0,17	0,27	0,18
Azoto totale	0,2320	0,2127	0,2175	0,2917	0,2218
Azoto albuminoide	0,1006	0,1042	0,0852	0,0486	0,1720
Sostanze organiche in 0 consum. . .	0,408	0,264	0,284	0,320	0,316
Idrogeno solforato	++++	++	+	0	0
Fango: perdita alla calcin.	19,85	12,85	15,36	11,98	12,12

IX. SERIE — 20 Settembre 1912.

Temperatura: massima 19° 8, minima 11° 3. Pioggia mm. 14, 3 (*).

Ultima pioggia: 10-12 settembre, mm. 24, 2.

Decade meteorologica: Temperatura media 16° 4. Pioggia mm. 22, 2.

	Bologna	Cortice	Castelmaggiore	Bentivoglio	Malalbergo
Sostanze sospese { totale	3, 65	2, 15	2, 40	2, 15	2, 16
{ perdita alla calcin.	0, 95	0, 59	0, 80	0, 89	0, 85
Sostanze disciolte { totale	40, 07	32, 70	33, 70	32, 00	30, 55
{ perdita alla calcin.	12, 30	11, 20	12, 50	12, 00	11, 20
Cloro	1, 90	1, 60	1, 80	1, 80	2, 00
Anidride nitrica	traccie	traccie	tr. min.	tr. min.	tr. min.
Anidride nitrosa	traccie	traccie	tr. min.	tr. min.	traccie
Ammoniaca	0, 20	0, 17	0, 15	0, 15	0, 18
Azoto totale	0, 615	0, 586	0, 590	0, 538	0, 500
Azoto albuminoide	0, 428	0, 414	0, 448	0, 372	0, 464
Sostanze organiche in 0 consum.	0, 490	0, 448	0, 400	0, 360	0, 395
Idrogeno solforato	++	++	+	0	0
Fango: perdita alla calcin.	9, 80	9, 97	9, 21	5, 92	7, 10

(*) I campioni si prelevarono prima dell'inizio della pioggia.

X. SERIE — 25 Settembre 1912.

Temperatura: massima 16° 2, minima 10° 6. Pioggia 0.

Ultima pioggia: 20 settembre, mm. 14, 3 (alcune gocce il 23-24 settembre).

Decade meteorologica: Temperatura media 12° 9. Pioggia mm. 2, 3.

	Bologna	Cortice	Castelmaggiore	Bentivoglio	Malalbergo
Sostanze sospese { totale	5, 50	6, 90	4, 00	6, 50	10, 40
{ perdita alla calcin.	3, 02	4, 46	1, 12	1, 74	0, 84
Sostanze disciolte { totale	27, 20	25, 80	20, 20	24, 00	23, 00
{ perdita alla calcin.	12, 00	10, 50	7, 50	11, 00	10, 00
Cloro	2, 00	2, 20	2, 60	2, 80	2, 60
Anidride nitrica	0, 09	tr. min.	0, 10	0, 12	0, 15
Anidride nitrosa	0, 06	tr. min.	0, 05	0, 06	0, 12
Ammoniaca	0, 17	0, 20	0, 18	0, 20	0, 20
Azoto totale	0, 600	0, 690	0, 698	0, 551	0, 559
Azoto albuminoide	0, 360	0, 426	0, 451	0, 287	0, 295
Sostanze organiche in 0 consum.	0, 376	0, 400	0, 352	0, 344	0, 304
Idrogeno solforato	0	0	0	0	0
Fango: perdita alla calcin.	12, 66	14, 65	13, 81	10, 20	11, 66

XI. SERIE — 30 Settembre 1912.

Temperatura: massima 18° 0, minima 12° 1. Pioggia 0.

Ultima pioggia: 26 settembre, mm. 2, 3.

Decade meteorologica: Temperatura media 12° 9. Pioggia mm. 2, 3.

		Bologna	Cortice	Castelmaggiore	Bentivoglio	Malalbergo
Sostanze sospese	totale	11, 10	0, 50	1, 20	2, 90	2, 00
	perdita alla calcin.	2, 39	0, 06	0, 32	0, 66	0, 44
Sostanze disciolte	totale	27, 50	29, 30	27, 70	26, 50	27, 00
	perdita alla calcin.	10, 00	10, 00	11, 50	8, 50	9, 50
Cloro		2, 20	2, 80	3, 00	3, 20	3, 20
Anidride nitrica		tr. min.	tr. min.	tr. min.	tr. min.	tr. min.
Anidride nitrosa		tr. min.	tr. min.	tr. min.	tr. min.	tr. min.
Ammoniaca		0, 17	0, 20	0, 22	0, 27	0, 27
Azoto totale		0, 590	0, 688	0, 524	0, 590	0, 524
Azoto albuminoide		0, 451	0, 514	0, 344	0, 369	0, 303
Sostanze organiche in 0 consum. . .		0, 348	0, 352	0, 336	0, 368	0, 296
Idrogeno solforato		+++	+	+	0	0
Fango: perdita alla calcin.		2, 25	8, 35	2, 06	8, 06	2, 58

XII. SERIE — 15 Ottobre 1912.

Temperatura: massima 17° 6, minima 10° 6. Pioggia 0.

Ultima pioggia: 9 ottobre, mm. 1, 4.

Decade meteorologica: Temperatura media 12° 5. Pioggia mm. 8, 5.

		Bologna	Cortice	Castelmaggiore	Bentivoglio	Malalbergo
Sostanze sospese	totale	8, 80	1, 65	2, 60	4, 15	1, 40
	perdita alla calcin.	1, 54	0, 39	0, 82	1, 09	0, 64
Sostanze disciolte	totale	26, 50	23, 80	23, 20	20, 00	22, 00
	perdita alla calcin.	9, 00	8, 00	9, 00	8, 00	9, 00
Cloro		1, 60	2, 00	1, 90	2, 00	2, 00
Anidride nitrica		0, 11	0, 18	0, 17	0, 14	0, 68
Anidride nitrosa		0, 006	0, 07	0, 007	0, 008	tr. min.
Ammoniaca		0, 03	0	0, 02	0, 033	0
Azoto totale		0, 394	0, 197	0, 197	0, 164	0, 115
Azoto albuminoide		0, 369	0, 197	0, 180	0, 145	0, 115
Sostanze organiche in 0 consum. . .		0, 248	0, 180	0, 160	0, 156	0, 148
Idrogeno solforato		0	0	0	0	0
Fango: perdita alla calcin.		10, 55	11, 37	11, 38	10, 20	10, 55

XIII. SERIE — 25 Ottobre 1912.

Temperatura: massima 14° 6, minima 9° 9. Pioggia 0.

Ultima pioggia: 21-22 ottobre, mm. 16, 5.

Decade meteorologica: Temperatura media 12° 0. Pioggia mm. 16, 5.

	Bologna	Cortice	Castelmaggiore	Bentivoglio	Malalbergo
Sostanze sospese { totale	13,80	6,95	10,80	16,50	11,27
{ perdita alla calcin.	1,69	0,99	1,59	1,74	1,11
Sostanze disciolte { totale	20,00	20,50	21,50	19,50	21,50
{ perdita alla calcin.	7,20	7,50	7,00	7,40	7,30
Cloro	1,80	1,70	1,60	1,10	1,50
Anidride nitrica	0,11	0,16	0,17	0,15	0,18
Anidride nitrosa	tr. min.	tr. min.	tr. min.	tr. min.	tr. min.
Ammoniaca	0,05	0,016	0,020	0,010	0,033
Azoto totale	0,262	0,213	0,197	0,197	0,213
Azoto albuminoide	0,221	0,200	0,180	0,188	0,186
Sostanze organiche in 0 consum. . .	0,284	0,208	0,188	0,176	0,208
Idrogeno solforato	0	0	0	0	0
Fango: perdita alla calcin.	10,51	14,07	15,02	10,26	11,33

XIV. SERIE — Nei giorni 30 settembre, 15 e 25 ottobre 1912, furono prelevati anche dai campioni in un punto intermedio fra Corticella e lo Zuccherificio — a circa 2 Km. a valle di questo — per verificare se un accumulo di sostanze residue fosse rilevabile nei paraggi del Canale più vicini allo stabilimento, ed in caso affermativo, quale ne fosse la sorte successiva, a lavorazione terminata. I dati meteorologici relativi sono gli stessi delle Serie XI, XII e XIII.

	30 Settembre	15 Ottobre	25 Ottobre
Sostanze sospese { totale	6,50	13,40	7,45
{ perdita alla calcin.	2,82	1,52	0,89
Sostanze disciolte { totale	27,20	22,20	22,00
{ perdita alla calcin.	11,00	7,50	9,00
Cloro	2,20	1,90	1,60
Anidride nitrica	0	0,23	0,15
Anidride nitrosa	0	0,006	tr. min.
Ammoniaca	0,25	0	0,013
Azoto totale	0,688	0,230	0,230
Azoto albuminoide	0,483	0,230	0,219
Sostanze organiche in 0 consum. . .	0,656	0,200	0,232
Idrogeno solforato	+++++	0	0
Fango: perdita alla calcin.	8,18	13,70	11,32

I dati analitici che precedono, danno una idea completa ed esatta delle condizioni del Canale Navile all'infuori del periodo di immissione in esso delle acque residue dello Zuccherificio (cioè prima e dopo di questo) e durante il medesimo.

Debbo aggiungere che durante il tempo in cui le analisi suddette furono eseguite, ho praticato anche numerosi esami bacteriologici su dei campioni prelevati ad epoche differenti in vari punti lungo il Canale: i risultati sono stati quali erano da prevedersi, e cioè misero in evidenza una flora rappresentata da un numero enorme di microbi appartenenti alle specie consuete delle acque inquinate da rifiuti organici d'ogni natura, onde reputo superfluo riferirne qui il dettaglio. Del resto l'analisi microbiologica, e per l'indole e gli scopi delle mie ricerche e per le condizioni del Canale Navile che, come si disse, non è che una continuazione del Canale di Reno, non è tale — come facilmente si comprende — da portare una maggior luce sulla questione, onde ritenni inutile di praticarne altre in più di quelle cui sopra ho alluso.

Non è necessario spendere molte parole di commento attorno ai dati analitici riportati nelle precedenti tabelle: il profondo continuo inquinamento prodotto dalle immissioni delle materie organiche più variate lungo tutto il corso del Canale Navile ne rimane abbondantemente confermato. Riferendoci più particolarmente alle sostanze albuminoidi, noi ve le troviamo largamente distribuite in ogni punto e in ogni tempo, ed in piena evoluzione di putrefazione e nitrificazione, così come è dimostrato particolarmente dalle cifre esprimenti i termini « ammoniaca — anidride nitrosa — anidride nitrica ». Le stesse quote del cloro, talora assai rilevanti nelle mie come nelle altrui analisi, mi sembra stieno a deporre per una origine più specialmente fecale, essendo difficile assegnarne loro un'altra sia perchè si tratta di un corso d'acqua superficiale, sia perchè mancano lungo il Canale delle industrie che riversino in esso delle forti quantità di composti di cloro.

Vediamo ora, sulla scorta delle risultanze analitiche, se l'immissione delle acque residue dello Zuccherificio eserciti qualche influenza, ed in quale misura, sul Canale Navile. Per questo lato quattro termini ci interessano particolarmente: le sostanze organiche sospese, espresse dalla maggior parte della perdita alla calcinazione delle sostanze sospese totali; le sostanze organiche disciolte, espresse dalla maggior parte della perdita alla calcinazione delle sostanze disciolte totali; le sostanze organiche espresse in ossigeno consumato; le sostanze organiche sedimentate sul letto del Canale, espresse dalla maggior parte della perdita alla calcinazione del fango. Per la nostra

questione, infatti, è ovvio che dobbiamo occuparci a preferenza dei materiali organici che giungono in Canale.

1. *Sostanze organiche sospese.*

La quantità di esse risulta in generale maggiore a Bologna (*prima dello Zuccherificio*) che nei tratti successivi, fatta eccezione per i giorni 11 e 15 agosto in cui è manifesta, dall'insieme dei dati analitici, l'influenza delle piogge immediatamente pregresse: essa va degradando lungo il corso del Canale fino a che a Malalbergo si hanno quasi sempre le cifre minori. Queste condizioni non differiscono confrontando i campioni prelevati prima dalla campagna zuccheriera, con quelli prelevati durante di essa e dopo il suo termine.

Avviene quindi, in linea normale, una rapida sedimentazione dell'ingente massa di sostanze sospese provenienti dalla città di Bologna, unite a quelle delle acque residue dello Zuccherificio; e ciò senza pregiudizio delle successive immissioni.

2. *Sostanze organiche disciolte.*

L'andamento di esse lungo il Canale non presenta una norma costante: talora aumentano progressivamente da Bologna a Malalbergo, talora invece diminuiscono o rimangono press'a poco uguali per tutto il Canale: alcune volte infine le quote maggiori si trovano nei tratti intermedi. Tutto questo dimostra che tali sostanze organiche, anziché dipendere marcatamente dalle acque residue dello Zuccherificio, sono piuttosto in relazione alle numerose immissioni che si hanno lungo il Canale.

3. *Sostanze organiche calcolate in O consumate.*

Nessuna norma, nei riguardi delle acque residue dello Zuccherificio, può trarsi dalle determinazioni di tali sostanze: il loro andamento infatti si mantiene irregolare onde è certamente dominato anch'esso, più che da quello, dalle contaminazioni varie che il Canale riceve lungo il suo corso.

4. *Sostanze organiche contenute nel fango del Canale.*

Se le materie sospese portate dalle acque residue dello Zuccherificio fossero in quantità tale da modificare nettamente il tenore in sostanza organica del letto del Canale, noi dovremmo attenderci anzitutto una maggior quota di esse nel fango di Corticella (a valle dello Zuccherificio) in confronto di quello di Bologna (a monte di esso): ciò invece non risulta dalle cifre d'analisi. In secondo luogo, per dato e fatto della sedimentazione, si dovrebbe osservare da Cor-

ticella in poi una progressione decrescente la quale invece manca; è bensì vero che in quasi tutte le serie d'analisi (meno l'XI) il fango di Bentivoglio dà le quote minori di tutto il Canale, ma fra esso e Corticella vi è Castelmaggiore nel fango del quale le quantità di sostanza organica sono ora maggiori, ora minori che nel fango di quella; ed a valle di Bentivoglio è Malalbergo che, rispetto a questo, si comporta del pari. Tutto ciò sia durante che all'infuori della campagna zuccheriera.

Anche per le sostanze organiche dei fanghi, dunque, non si può ravvisare un' influenza distinta da parte delle acque residue dello Zuccherificio; la sedimentazione dei materiali sospesi in esse che avviene lungo il corso del Canale, è evidentemente mascherata dall'apporto e dalla sedimentazione di quantità ben più ingenti di sostanze sospese che vi giungono continuamente lungo l'intero tratto; onde anche per questo rispetto ci troviamo nelle stesse condizioni di osservazione già poste in luce per i precedenti termini analitici.

Per quanto riguarda le analisi praticate sui campioni prelevati fra lo Zuccherificio e Corticella (V. tabella delle Serie XIV), se noi le confrontiamo per i termini che più ci interessano con le corrispondenti delle serie XI, XII e XIII, troviamo un lieve aumento, il 30 settembre, nelle sostanze organiche disciolte (perdita alla calcinazione) e di quelle calcolate in O consumato: si ha pure un aumento delle sostanze organiche sedimentate sul letto del Canale, espresse dalla perdita alla calcinazione del fango, il quale è notevole il 30 settembre, assai lieve invece il 15 e 25 ottobre.

Ciò posto, quale significato devesi attribuire all'inquinamento che vuolsi prodotto nell'acqua del Canale Navile dalla immissione delle acque residue dello Zuccherificio e — peggio ancora — nei pozzi vicini? Ebbene, è difficile il precisarlo, poichè se per inquinamento nel senso igienico della parola dobbiamo intendere tutto ciò che è suscettibile di far diventare pericoloso per la pubblica igiene un dato *ambiente* — nel nostro caso le acque del Canale Navile — e se tale pericolo è determinato anzitutto dai germi patogeni che vi si possano trovare, male si comprende *che cosa e quanto* di inquinamento possano aggiungere, sotto questo punto di vista, le acque residue di Zuccherificio ad una massa acquea già così gravemente contaminata come quella del Canale, la quale è più vicina, per le sue caratteristiche, ai liquidi convogliati dalle fogne che non a quelle di un normale corso d'acqua.

Infatti se ricordiamo brevemente gli elementi costitutivi delle dette acque residue, noi troviamo:

1. Acque di lavaggio e trasporto delle barbabietole, tratte dal Canale medesimo e ritornanti ad esso con parte dei prodotti di la-

vaggio, cioè terra di coltivazione di quegli stessi campi che in parte scolano normalmente nel Canale.

2. Acque di lavorazione, provenienti dai pozzi, e quindi — come risulta dalle analisi riportate altrove — assai più vicine a una buona acqua potabile che non alle acque del Canale; per sè stesso dunque e per i residui della fabbricazione ch'esse contengono e per il trattamento subito (non esclusa l'alta temperatura) tali acque non convogliano che — come le ripetute analisi da me fatte confermano — un numero esiguo di germi non patogeni.

3. Acque nere dei cessi della fabbrica, serventi ad un personale di 800-900 individui, che non aggravano sensibilmente le condizioni del Canale il quale, come si è già detto, raccoglie i materiali escrementizi di Bologna e di vari altri comuni che il Canale fronteggiano.

La stessa argomentazione vale per le acque dei pozzi distribuiti lungo il Canale, il quale li alimenta, e sono quindi del tutto impotabili come è dimostrato anche dalle analisi di altri osservatori da me riferite nel Capitolo II. Io stesso per avere un saggio delle condizioni dei pozzi ne ho esaminati due — prelevandone i campioni il 25 luglio 1912 — entrambi nel comune di Malalbergo: uno nel pos-sedimento *Propaganda Fide*, accanto alla stazione di Malalbergo; l'altro di proprietà Ghelli, sito in principio del capoluogo sulla sinistra del Canale. Eccone i risultati:

1. *Pozzo Propaganda Fide* (25 luglio 1912).

È situato in un orto ed è scoperto.

Il pelo d'acqua è a circa 2 m. dalla superficie del suolo: lo spessore dello strato d'acqua è di circa 1 m.

Caratteri organoletlici: Acqua lievemente opalina, gli altri caratteri normali.

Temperatura 16°, 2.

Reazione neutra.

Sostanze sospese: totali gr. . . . gr. 0.75 per 100 litri

» perdita alla calcinazione . » 0.10 »

Sostanze disciolte: totali . . . » 135.00 »

» perdita alla calcinazione . » 38.00 »

Cloro » 21.90 »

Anidride nitrica » 9.00 »

Anidride nitrosa » 0.027 »

Ammoniaca traccie

Sostanze organiche in O consumato » 0.352 »

Germi. Innumerevoli nelle piastre d'agar. Dopo 48 ore le piastre di gelatina seminate con diluzioni ad 1: 20.000 sono tutte fuse. Coli-bacillo presente.

2. Pozzo Ghelli (25 luglio 1912).

Trovasi addossato all'argine del Canale: è scoperto in un ambiente estremamente sudicio, con stalle vicine.

Il pelo dell'acqua arriva a 1 m. dal suolo: lo spessore dello strato dell'acqua è di circa m. 4.

Caratteri organolettici: torbidiccia, opalescente, con molte sostanze sospese. Lieve odore organico.

Temperatura 16° C.

Reazione neutra.

<i>Sostanze sospese</i> : totali	gr.	1.02	per 100 litri
» perdita alla calcinazione	»	0.12	»
<i>Sostanze disciolte</i> : totali	»	38.00	»
» perdita alla calcinazione	»	10.50	»
<i>Cloro</i>	»	2.40	»
<i>Anidride nitrica</i>	»	0.45	»
<i>Anidride nitrosa</i>	»	0.029	»
<i>Ammoniaca</i>	»	0.03	»
<i>Sostanze organiche in O consumato</i>	»	0.176	»

Germi. Innumerevoli nelle piastre d'agar. Dopo 24 ore le piastre di gelatina seminate con diluzioni 1:20.000 sono tutte fuse. Colibacillo presente.

Come si vede, trattasi di pozzi la cui acqua è talmente contaminata da dover essere assolutamente esclusa per uso di bevanda. In queste condizioni si trova la enorme maggioranza dei pozzi situati lungo il Canale, la impotabilità dei quali fu le mille volte riconosciuta. A tal proposito non è inopportuno aggiungere — per la storia della questione e per quanto, dopo ciò che è stato detto, possa sembrare stupefacente — che sull'**inquinamento del pozzo Ghelli prodotto dalle acque residue dello Zuccherificio** è da lungo tempo inperniata una causa giudiziaria mossa da privati cittadini e dal Municipio di Malalbergo contro la Società esercente lo Zuccherificio quale responsabile di esso!

Escluso all'evidenza che le acque residue dello Zuccherificio possano inquinare, più di quello che già non lo sieno, le acque del Canale Navile ed i pozzi vicini con dei germi pericolosi per la pubblica salute, si potrebbe pensare da taluno (e ne fu emessa l'ipotesi) ch'esse rechino al Canale delle sostanze le quali, per la loro natura, possano renderli per altra via pregiudizievoli. Ma noi sappiamo che le condizioni del Canale e dei pozzi sono già tali che sarebbe follia il pensare ad adibirle a qualsiasi uso domestico: di più, anche se questa constatazione non bastasse copiosamente di per sé stessa ad eliminare tale ipotesi, si è già veduto che la parte più *specifica* dei

residui della lavorazione, esclusivamente rappresentata da detriti di barbabietole, non può in alcun modo confermarla nè per la qualità nè per la quantità e nemmeno per le trasformazioni da essa subite per causa delle fermentazioni.

Come ho già detto, infatti, le mie analisi dimostrano che le condizioni chimiche delle acque del Canale non vengono sensibilmente modificate dalla immissione delle acque residue dello Zuccherificio; e ciò tanto confrontando le analisi dei tratti a monte del medesimo con i susseguenti, che quelle fatte prima e dopo della lavorazione con le analisi comprendenti il periodo della campagna zuccheriera.

Devesi, in questo ordine di idee, osservare che una delle più gravi colpe mosse alle acque residue dello Zuccherificio è quella di provocare nel canale la formazione di quantità ingenti di idrogeno solforato ed in tal senso tendono a deporre varie delle analisi praticate da chi mi ha preceduto nello studio della questione (Garelli, Vitali, Bono), come pure è stato questo uno dei maggiori appunti mossi dagli interessati.

La questione dell'idrogeno solforato meritava dunque un'attenzione particolare, poichè se fosse vero che per dato e fatto esclusivo dell'immissione delle acque residue dello Zuccherificio nel Canale vi si producesse la forte quantità di idrogeno solforato che taluno ha preteso, ci troveremmo di fronte ad un inconveniente non lieve, considerando la natura e le proprietà di questo gas. In conseguenza, una parte delle mie ricerche fu indirizzata a chiarire tale punto. Per quanto riguarda le acque del Canale durante tutto il periodo delle mie indagini (Vedi le tabelle precedenti), interessa stabilire subito — sulla scorta delle analisi relative — due fatti principali:

1. Che l'idrogeno solforato non fu sempre presente nei campioni da me esaminati e che quando lo fu vi si trovò in quantità assai esigua.

Che ogni qual volta fu constatata la presenza dell'idrogeno solforato nelle acque del Canale, lo fu tanto per il tratto dominato dallo Zuccherificio che *a monte di esso*, quindi all'infuori di qualsiasi influenza delle acque residue dal medesimo scaricatevi. Noto altresì che in questi casi la quantità dell'idrogeno solforato si andava affievolendo lungo il corso del Canale sino a ridursi a lievi tracce o a scomparire del tutto nell'ultimo tratto.

Che una quantità variabile di idrogeno solforato possa riscontrarsi nelle acque del Canale è ovvio, data la natura dei materiali di rifiuto ch'esso riceve; se ciò non fosse smentirebbe la sua poco inviolabile qualità di collettore d'una vastissima plaga abitata e coltiva! Che l'idrogeno solforato si avverta specialmente nella stagione estiva

è pure abbastanza naturale, sia perchè il calore attiva maggiormente le fermentazioni, sia perchè nell'estate la mancanza e la scarsità della pioggia fa sì che le materie putrescenti si trovino, rispetto alla massa acquea, in quantità maggiore. Che però il tenore dell'idrogeno solforato debba essere largamente accresciuto dall'immissione delle acque residue dello Zuccherificio, tanto da rappresentare un inconveniente insostenibile per le popolazioni rivierasche, si comprende assai meno.

Dalla descrizione che ho fatto delle acque di rifiuto versate in Canale dallo Zuccherificio si rileva che l'elemento industriale «specifico» è rappresentato esclusivamente dai materiali di barbabietola contenuti nelle acque di pressa e di diffusione; giacchè suppongo non si voglia attribuire una parte nella produzione dell'idrogeno solforato alle acque dei cessi, quando tanta quantità di fogne sboccano in Canale, nè all'acqua di lavaggio e trasporto delle barbabietole, poichè essa non è se non la stessa acqua del Canale che vi ritorna più o meno sporca di terra.

In qual modo l'idrogeno solforato si può produrre allora alle spese delle acque di lavorazione?

Come sappiamo, la sostanza organica in esso contenuta deriva dalle polpe, di cui il Märcker dà la seguente composizione media su 100 parti allo stato fresco:

<i>Sostanze albuminoidi</i>	9.26
<i>Cellulosa greggia</i>	24.87
<i>Grasso</i>	0.58
<i>Altre sostanze inazotate</i>	65.2

Nelle acque residue di lavorazione (Vedi analisi al Capitolo III) la sostanza organica disciolta è rappresentata da una percentuale di 20 a 35 mmgr. di saccarosio, di 2 a 3 mmgr. di azoto, mentre le materie sospese (per la maggior parte organiche) oscillano da 50 a 200 centigr.

La produzione di idrogeno solforato da parte di queste acque residue, come pure dalla sostanza delle barbabietole, fu da me studiata con esperienze varie che riassumo:

A. ACQUE RESIDUE BRUTE

1. ACQUE PASSATE PER L'APPARECCHIO MAY

a) Flacone da litro riempito a metà, chiuso con *tappo di sughero e paraffina*, lasciato a temperatura ambiente (19° - 22°). La cartina all'acetato di piombo annerisce dopo *sei giorni*.

b) Stesso flacone, matraccio a largo collo da litro, matraccio di Fernbach, con mezzo litro ciascuno della stessa acqua, chiusi a *cotone* e lasciati a temperatura ambiente (19° - 22°). Nessuna reazione dopo *venti giorni*.

c) Flacone da litro riempito a metà, chiuso con *tappo di sughero e paraffina*, tenuto in termostato a 35° . La cartina all'acetato di piombo annerisce dopo *cinque giorni*.

d) Stesso flacone, matraccio a largo collo da litro, matraccio di Fernbach, chiusi a *cotone*, con mezzo litro ciascuno della stessa acqua, tenuti in termostato a 35° . Nessuna reazione dopo *un mese*.

e) Di altri dieci flaconi contenenti un litro della stessa acqua e lasciati, in varie epoche, a T. A., solo *due* dopo *5 e 7 giorni* diedero una fugace e lieve reazione, sebbene fossero chiusi con *tappo di sughero*.

2. ACQUE DI PRESSA

a) Cinque flaconi come sopra, chiusi a *sughero*, a T. A. solo in *due* si ha dopo *8 giorni* un fugace annerimento delle cartine.

b) Cinque matracci a largo collo, chiusi a *cotone* e tenuti a T. A. Nessuna reazione dopo *un mese*.

c) Cinque flaconi come sopra, chiusi a *sughero*, tenuti a 35° . Lieve annerimento della cartina dopo *7-9 giorni* in soli *tre*.

d) Cinque matracci come sopra, chiusi a *cotone*, e tenuti a 35° . Nessuna reazione dopo *un mese*.

3. ACQUE DI DIFFUSIONE

a) Cinque flaconi, come sopra, chiusi a *sughero*, a T. A. Annerimento della cartina in *quattro* di essi, dopo *5-9 giorni*.

b) Cinque matracci come sopra, chiusi a *cotone*, a T. A. Annerimento lieve e fugace della cartina in *uno*, dopo *6 giorni*.

c) Cinque flaconi come sopra, chiusi a *sughero*, a 35° . In *tre* annerimento completo della cartina dopo *5 e 7 giorni*.

d) Cinque matracci, come sopra, chiusi a *cotone*, a 35° . In *due* lievissima e fugace reazione dopo *7 e 8 giorni*.

Da queste esperienze risulta che la produzione di H_2S è talmente esigua, che se il suo sviluppo non è ostacolato — come

avviene nei recipienti ermeticamente chiusi — ma il gas è lasciato esalare attraverso il cotone, esso non è in quantità tali da impressionare la cartina indicatrice. Inoltre non v'è differenza sensibile di produzione nei limiti di temperatura compresi fra i 19° e 35°. Infine la formazione di idrogeno solforato è maggiore e più costante là ove la materia organica è meno concentrata (acque di diffusione).

B. ACQUE RESIDUE DILUITE

Con le varie qualità di acque residue si fanno diverse diluzioni tanto con acque del Canale Navile in modo da avere 500 cc. di liquido che è messo in termostato a 35°, contenuto in matracci a largo collo da litro, chiuso a *cotone*.

Come controllo una diluzione delle stesse acque con acqua dell'acquedotto di Bologna.

I risultati sono ricapitolati nella tabella seguente, avvertendo che il numero delle croci esprime approssimativamente e comparativamente la intensità della reazione data dall'annerimento della cartina all'acetato di piombo. Le osservazioni sono state fatte dopo 15 giorni.

Diluzioni in c. c.			May	Presse	Diffusione	Osservazioni
Acqua residua	Acqua Canale	Acqua Acquedotto				
450	50	—	0	0	0	Anche dopo un mese
400	100	—	0	0	0	idem
300	200	—	+++	0	++	—
250	250	—	++	lieviss. ^a	+++	—
300	—	200	++	0	0	—
Controllo con acqua residua bruta			+	0	+++	Chiusi a sughero

Queste esperienze confermano le precedenti, sia per la lentezza che per la minima quantità di idrogeno solforato prodotto (più forte nelle mescolanze con acqua del Canale) quanto per la diluzione.

Un'altra esperienza con materiale diluito, ma in proporzioni assai maggiori, feci valendomi del bacino in cemento raffigurato nella Tavola III.

Tale bacino fu riempito il 28 settembre con una mescolanza a parti uguali di acqua del May ed acqua del Canale Navile, lasciandola in riposo: le osservazioni giornaliere si possono così ricapitolare:

28 Settembre. Riempimento: reazione dell'acqua neutra. Idrogeno solforato assente.

29 Settembre. Schiuma lieve alla superficie. Acidità dell'acqua (in acido solforico, grammi per litro) 0.098. Idrogeno solforato assente.

30 Settembre. Persiste la schiuma: nessun odore esala dall'acqua. Acidità 0.11. Idrogeno solforato assente.

1° Ottobre. Nessun odore. Acidità 0.12. Idrogeno solforato assente.

2 Ottobre. L'acqua ha preso una tinta scura. Lieve indistinto odore di putrefazione. Acidità 0.147. Idrogeno solforato non rilevabile.

3 Ottobre. La tinta dell'acqua è più carica. Odore riconoscibile di idrogeno solforato. Acidità 0.12. Reazione netta di idrogeno solforato alla cartina all'acetato di piombo.

4 Ottobre. Acqua neutra con netto odore di idrogeno solforato. Acidità 0.098. Forte reazione di idrogeno solforato.

Confrontando queste osservazioni con quelle, pure fatte nello stesso bacino per altro scopo (Vedi pag. 58) su acque non diluite, in cui l'idrogeno solforato è stato sempre assente, resta dimostrata non solo la influenza di una certa diluzione ma anche della presenza delle acque del Canale sulla produzione del gas solfidrico, la quale quindi è più ragionevole riferire per la massima parte a queste — per il loro costante contenuto albnminoide — anziché ai materiali contenuti nelle acque residue della lavorazione della barbabietola.

C. ACQUE DI LAVAGGIO E TRASPORTO

Le stesse prove furono fatte a varie riprese, durante la campagna, anche su queste acque: è da ricordare che esse vengono prelevate originariamente dal Canale Navile. Un litro di tali acque per volta, fu tenuto, come per le esperienze precedenti, a T. A. o a 35° in flaconi chiusi a tappo di sughero.

Numero dei campioni	Idrogeno solforato		Osservazioni
	Comparsa	Quantità	
1	dopo 24 ore	tracce	a temperatura ambiente
2	dopo 48 »	tracce	»
3	dopo 3 giorni	piccola quantità	»
4	dopo 3 »	tracce	»
5	dopo 4 »	tracce	»
6	dopo 48 ore	discreta quantità	in termostato a 35°
7	dopo 5 giorni	tracce	»
8	dopo 24 ore	discreta quantità	»
9	dopo 24 »	piccola quantità	»
10	dopo 2 giorni	tracce	»

D. ACQUE RESIDUE TOTALI

I campioni furono raccolti allo sbocco del condotto dello Zuccherificio nel Canale Navile: come si ricorda, queste acque provengono dalle fosse di sedimentazione ove hanno soggiornato e fermentato, e comprendono tutte le acque di rifiuto dello stabilimento e cioè acque di lavaggio e trasporto, di lavorazione, dei cessi e di pulizia.

Numero dei campioni	Idrogeno solforato		Osservazioni
	Comparsa	Quantità	
1	subito	discreta quantità	a temperatura ambiente
2	dopo 24 ore	piccola quantità	»
3	subito	idem	»
4	subito	discreta quantità	in termostato a 35°
5	subito	idem	—
6	subito	idem	—

E. ACQUE DEL CANALE NAVILE

Oltre a quelli prelevati lungo l'intero corso del Canale per le altre analisi, in cui la ricerca dell'idrogeno solforato ha dato i risultati che sono segnati nelle tabelle relative, furono pure prelevati i seguenti campioni, durante tutta la campagna, a monte dello Zuccherificio, sotto il ponte della Ferrovia: quindi ove quest'acqua non è influenzata affatto dai residui dello stabilimento. Essi furono tenuti sempre a temperatura ambiente (18°-28°).

Numero dei campioni	Idrogeno solforato		Osservazioni
	Comparsa	Quantità	
1	0	0	dopo 15 giorni
2	0	0	»
3	0	0	»
4	dopo 8 giorni	discreta quantità	—
5	dopo 6 »	idem	—
6	0	0	dopo 15 giorni
7	dopo 8 giorni	traccie	—
8	idem	idem	—
9	dopo 10 giorni	piccola quantità	—
10	0	0	dopo 15 giorni
11	dopo 8 giorni	traccie	—
12	dopo 8 »	piccola quantità	—

F. ALTRI MATERIALI

Questa serie comprende le ricerche dell'idrogeno solforato fatte sulle melme deposte dalla sedimentazione delle acque del May, di cui — nel corso delle esperienze di cui si dirà in seguito — furono riempite più volte una vasca in ferro di 10 mc. e il bacino in cemento, e quelle fatte su sostanze di barbabietola variamente trattate come si verrà indicando.

I campioni furono tenuti a temperatura ambiente in flaconi tappati a sughero.

Materiale	Idrogeno solforato		Osservazioni
	Comparsa	Quantità	
Melma della vasca di ferro dopo 3 giorni di sedimentazione (tenuta al buio)	dopo 7 giorni	traccie	—
Idem. tenuta alla luce e all'aria	dopo 8 giorni	traccie	—
Melma del bacino in cemento, dopo 8 giorni di sedimentazione	dopo 6 giorni	traccie	—
Acqua dell'acquedotto con cui si lavarono delle bietole in una mastella	dopo 11 giorni	notev. quant.	—
200 gr. di parte interna di bietola in 1000 cc. di H ₂ O distillata	dopo 4 giorni	traccie min.	non aumenta più
200 gr. di scorza di bietola in 1000 cc. di H ₂ O distillata	dopo 4 giorni	traccie	non aumenta più

Anche queste esperienze dimostrano che la formazione dell'idrogeno solforato a carico della sostanza di barbabietola è tenuissima e lenta.

Riguardo al meccanismo di tale produzione, considerando solamente quella che si effettua a spese dei materiali delle barbabietole presenti nelle acque residue — poichè è ovvio che non dobbiamo occuparci della parte dovuta ai materiali albuminoidi già esistenti nelle acque del Canale Navile — si possono richiamare varie ipotesi quali sono state avanzate dai diversi Autori.

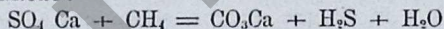
Fin dal 1879 Miquel descrisse un *bacillus sulphydrogenus* capace di sviluppare dell'idrogeno solforato in tutti i mezzi ove esista del solfo libero o debolmente combinato: più tardi lo stesso Autore isolò dalle acque di fogna varie altre specie di microbi generatori di idrogeno solforato, alcune delle quali io stesso potei coltivare dalle acque del Canale Navile e del Canale di Reno seguendo la tecnica indicata da Miquel. La presenza di tali germi in dette acque cariche di materiali di fogna spiega già sufficientemente come in esse si possa trovare dell'idrogeno solforato all'infuori della presenza dei residui dello Zuccherificio.

Altri microbi generatori di idrogeno solforato specialmente alle spese dell'albumina e di corpi solforati analoghi sono pure stati descritti in vari mezzi da Holschewnikoff, Müller, Hartling, Miller, Strassmann e Strecker, Stagnitta-Balestrieri. La funzione solfoidrogenica, dalle ricerche di vari di questi Autori, è anzi dimostrata propria a numerose specie microbiche.

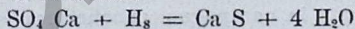
Ma nel caso che più particolarmente ci occupa, noi dobbiamo considerare in special modo l'albumina e la cellulosa delle barbabietole, scarsa la prima, abbondante la seconda.

Riguardo alle albumine, si ammette che la putrefazione operata dai microbi metta in libertà del S, il quale dà luogo alla formazione di H_2S combinandosi con l'H nascente che si genera durante i processi putrefattivi.

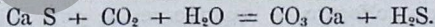
Inoltre da molti Autori è ammessa la formazione di idrogeno solforato per riduzione dei solfati dell'acqua, i quali (Popoff e Hoppe-Seyler) sarebbero ridotti durante certe fermentazioni, come la fermentazione formica della cellulosa, per esempio secondo la seguente equazione:



Tale riduzione del resto si ha durante tutte le fermentazioni in cui si generi dell'H nascente:



D'onde, per un'azione ulteriore dell'anidride carbonica:



Quindi si comprende come, nel nostro caso, sia per la putrefazione dell'albumina con conseguente combinazione di S libero e H nascente, che per la scomposizione della cellulosa e per la riduzione dei solfati dell'acqua si possa ottenere l'idrogeno solforato dai residui della lavorazione delle barbabietole.

V'è poi da osservare, come abbiamo già notato, in base ai precedenti risultati, che la formazione di idrogeno solforato sta in relazione con la concentrazione del liquido putrescibile, nel senso che

ove questo è molto ricco di sostanze organiche non se ne hanno che tracce fugaci o non se ne produce affatto, mentre dove è più povero di sostanze organiche (acque di lavaggio delle barbabietole, acque di diffusione, acque diluite come alla serie B) la formazione è più intensa e durevole. Questo fatto porterebbe a credere che la maggiore acidità delle acque residue non diluite (specialmente quelle provenienti dal May o le acque di pressa brute) — l'andamento della quale si può osservare a pagina 57 e seguenti nelle osservazioni appositamente praticate — non consenta la formazione di idrogeno solforato, forse ostacolando lo sviluppo di quei germi che ne sono la causa: infatti neppure l'aggiunta di forti quantità di solfato di calcio alle acque di pressa e del May brute la permettono o per lo meno l'aumentano, come ho potuto constatare aggiungendolo a vari campioni di acque di pressa e del May in dosi crescenti, partendo dal concetto che almeno una parte dell'idrogeno solforato venga prodotto, come si è detto, per la riduzione dei solfati.

Così pure, pensando che non tutto il zolfo degli albuminoidi venga eliminato durante la loro putrefazione, ma che buona parte resti fissato allo stato di tio-acidi e simili, feci la ricerca, negli stessi liquidi residui, del zolfo organicamente combinato dopo 8-10-12-15 giorni di fermentazione, ma sempre con risultato negativo.

Da tutto quanto sono venuto esponendo sulla questione dell'idrogeno solforato, si possono trarre le seguenti conclusioni generali:

1. L'idrogeno solforato si produce a spese dei residui della lavorazione delle barbabietole con grande lentezza e in minima quantità.

2. L'idrogeno solforato si può trovare nel Canale Navile in varia quantità e in diverse epoche senza che le acque residue dello Zuccherificio in esso riversate dimostrino una percettibile influenza sulla sua formazione.

3. Sia durante la campagna zuccheriera sia all'infuori di essa, nelle epoche in cui le mie analisi del Canale furono praticate, l'idrogeno solforato — quando se ne potè rilevare la presenza — fu trovato nei primi tratti del Canale in maggiore quantità e con maggiore costanza che negli ultimi, in cui fu quasi sempre mancante.

Questi risultati non s'accordano completamente con quelli dei miei predecessori che trovarono l'idrogeno solforato nei pressi di Malalbergo: su ciò debbo osservare che quelle analisi mancano di termini di confronto con altre analisi praticate all'infuori della campagna, mentre nel tempo stesso (analisi Garelli e Vitali) l'idrogeno sol-

forato era pure presente, sia pure in minori quantità, nei campioni prelevati a monte dello Zuccherificio, e quindi senza l'influenza delle acque residue di esso. È poi da ricordare che i campioni esaminati da Vitali (V. pag. 12) furono portati all'analisi da 19 a 26 giorni dopo prelevati, onde non potevano rispecchiare più le condizioni reali delle acque al momento della presa.

Mi sembra perciò ragionevole pensare che la formazione del gas solfidrico dipenda piuttosto dai comuni inquinamenti che si vanno verificando nel Canale anziché dalle acque residue dello Zuccherificio: poichè l'immissione di queste essendo durante la campagna costante e continuativa, il reperto di idrogeno solforato — se causato da esse — dovrebbe pure in tal epoca esser sempre positivo, e ciò a prescindere dal fatto da me dimostrato che i residui di barbabietole non possono dar luogo a quantità tali di idrogeno solforato, da essere facilmente rilevate nel Canale, secondo si è preteso, come esclusivamente dovute ad essi.

Esaurito anche questo argomento dell'idrogeno solforato, credo di avere sufficientemente dimostrato che le due prime imputazioni fatte alle immissioni delle acque residue dello Zuccherificio nel Canale Navile e cioè: 1. inquinamento delle acque del Canale; 2. inquinamento dei pozzi vicini **non sono sostenibili in alcun modo**, quando si tengano presenti le condizioni normali del Canale e quando alla parola « inquinamento » si attribuisca il suo vero significato sia dal punto di vista microbiologico che dal punto di vista chimico.

*
* *

Un'altra imputazione mossa alla immissione in Canale delle acque residue dello Zuccherificio è quella di provocare la *moria dei pesci*.

Notiamo come — secondo risulta dalla storia della questione da me riportata — sia per lo meno strano che i pesci sieno morti solo in 7 dei 14 anni da che lo Zuccherificio immette le acque di rifiuto nel Canale Navile: la morte dei pesci non è un fatto di apprezzamento per certa parte così soggettivo come quello del fetore, ma un fatto ben altrimenti constatabile! D'altronde poi, fino a quando il Canale Navile trasporta le acque di fogna che tutti sappiamo, e fino a quando oltre agli scoli di tanta parte di terreni coltivati, giungono ad esso anche le acque di macerazione della canapa notoriamente micidiali per la vita dei pesci (che si fa precisamente nell'epoca in cui pure ha luogo la lavorazione delle barbabietole) dai maceratori che con esso comunicano, è alquanto avventato l'andar a scegliere fra tutte queste cause proprio le acque residue dello Zuccherificio per addossare ad esse delle colpe che devono, per lo meno, essere condivise!

A questo proposito è da richiamare (V. Cap. II) che nel settembre 1904 l'Ufficiale Sanitario di Malalbergo consegnava al Medico Provinciale un flacone contenente del materiale raccolto nelle acque del Canale Navile, e che si attribuiva a residui di zuccherificio: l'esame microscopico effettuato dal prof. Brazzola, direttore del Laboratorio d'Igiene del comune di Bologna lo dimostrava invece « costituito da materiali vegetali provvisti di clorofilla, aventi molta somiglianza con i detriti dei maceri da canapa ».

*
* *

E rimane l'ultima imputazione, quella del *fetore*, pur esso — è bene ripeterlo — avvertito solo in sette anni su quattordici di lavorazione.

A quale sostanza o a quale gruppo di sostanze prodotte dalla trasformazione dei residui della lavorazione delle barbabietole può esser dovuto, escludendone l'idrogeno solforato per le ragioni precedentemente svolte?

Come è noto, le acque residue di lavorazione (diffusione e presse) lasciate a sé non tardano a subire dei processi putrefattivi per i quali la loro reazione da neutra si rende acida per gli acidi acetico, lattico, butirrico che si formano: nel tempo stesso il lieve odore di barbabietola fresca ch'esse hanno si muta ben presto in un odore sempre più vivo e penetrante di burro irrancidito, il quale diviene talora un fetore insopportabile quando la materia fermentante è in forte quantità e il processo è spinto agli ultimi limiti.

Questa fermentazione prevalentemente butirrica varia naturalmente di rapidità ed intensità sotto la influenza di varie condizioni, quali la composizione delle barbabietole da cui i detriti fermentanti si originano, che non è sempre eguale ogni anno, la temperatura esterna, la diluizione, la composizione delle acque dei corsi ove sono immesse, la velocità di queste, ecc.

Era quindi necessario ch'io mi rendessi conto, per quanto possibile, delle modalità con le quali la fermentazione butirrica avviene nel caso nostro, cioè quando le acque residue sono state riversate nel Canale Navile.

Cominciai perciò dallo studiare la fermentazione delle acque residue di per sé, seguendone l'andamento e le condizioni in apparecchi da me fatti appositamente impiantare e cioè: 1. Una vasca di ferro a superficie rettangolare avente i lati di m. 2,18 \times 2,58 e l'altezza di m. 1,82, capace quindi di 10 mc.; tale vasca era munita: Di tubi d'arrivo per l'acqua del May e dell'acqua del Canale che vi potevano essere inviate per mezzo di una pompa a vapore; di uno

scarico sul fondo riversantesi in un pozzetto apposito: di 4 rubinetti, verticalmente situati ad altezze equidistanti su una delle pareti, in modo da poterne estrarre il contenuto alle varie profondità della massa liquida. 2. Un bacino in cemento, rappresentato dalla Tavola III, a cui pure arrivavano l'acqua May e del Canale in tubi distinti e nel quale era possibile stabilire una corrente più o meno rapida di liquido, in guisa d'avere in piccolo la riproduzione d'un corso d'acqua corrente.

Nella prima mi proposi di seguire la fermentazione dell'acqua residua tenuta in riposo: nel secondo invece la fermentazione dell'acqua residua fluente.

Riassumo le mie osservazioni:

A. VASCA DI 10 m.c.

18 Agosto 1912. Temperatura delle 24 ore: massima 26°,8; minima 20°,8.

Cielo sereno.

La vasca è piena alle ore 10 (due ore per il riempimento).

Schiuma bianca leggera alla superficie.

Il liquido ha odore caratteristico di barbabietole.

19 Agosto. Temperatura delle 24 ore: massima 29°,4; minima 20°,2.

Cielo sereno.

Densa schiuma grigiastria alla superficie.

Nessun odore dal liquido, ancora torbido.

Acidità (in acido solforico per litro) dell'acqua	gr. 0.30
» del sedimento »	0.47

Idrogeno solforato assente.

20 Agosto. Temperatura delle 24 ore: massima 29°,0; minima 22°,0.

Cielo misto, non piove.

Persiste la densa schiuma alla superficie.

Nessun odore dal liquido, la cui massa si è grandemente chiarificata, pur rimanendo opalescente.

Il sedimento è melmoso, grigiastro, avente distinto odore di acido butirrico.

Acidità dell'acqua	gr. 0.53
» del sedimento »	0.60

Idrogeno solforato assente anche dal sedimento.

21 Agosto. Temperatura delle 24 ore: massima 27°,2; minima 19°,8.

Cielo misto, non piove.

La schiuma superficiale è più scarsa.

Dal liquido non emana alcun odore: esso è ancor più chiaro di ieri, ed opalescente.

Il sedimento ha gli stessi caratteri di ieri.

Acidità dell'acqua gr. 0.55
» *del sedimento* » 0.71

Idrogeno solforato assente anche dal sedimento.

22 Agosto. Temperatura delle 24 ore: massima 25°,0; minima 19°,2.

Cielo misto, non piove.

La schiuma superficiale continua ad essere scarsa.

Il liquido non tramanda nessun odore: è ben chiarificato ma si mantiene opalescente.

La vasca è vuotata. Sul fondo è un abbondante strato di melma grigiastria omogeneo da cui esale un forte e penetrante odore di burro irrancidito.

Acidità dell'acqua gr. 0.56
» *del sedimento* » 0.78

Idrogeno solforato assente anche dal sedimento.

N. B. — La temperatura dell'acqua, introdotta nella vasca a 45°, si è equilibrata con quella dell'ambiente in 36 ore.

B. BACINO DI CEMENTO

Le condizioni dell'osservazione precedente vengono variate nel senso che nel bacino sarà studiato l'andamento della fermentazione su una massa d'acqua in corso. Viene impiegata l'acqua del May e la velocità impressale è di 1 m. al *minuto primo* circa, onde l'intero sviluppo del bacino è percorso in poco più di 45': è stata data all'acqua una velocità così piccola per potere efficacemente studiare in un tempo relativamente breve e per un percorso così limitato quale quello dei canali del bacino, la trasformazione fermentativa dei residui.

25 Agosto. Temperatura delle 24 ore: massima 26°,4; minima 22°,6.

Cielo misto, non piove.

Il riempimento del bacino si effettua in due ore.

Schiuma leggera alla superficie, nessun odore all'infuori di quello di barbabietola fresca.

Reazione neutra.

26 Agosto. Temperatura delle 24 ore: massima 27°,7; minima 22°,6.

Cielo misto, non piove.

Aspetto in tutto eguale a quello di ieri.

Sul fondo lievissimo velo di sedimento, inodoro.

Acidità (in acido solforico per litro) *dell'acqua* . . gr. 0.19

» » » *del sedimento* » 0.24

27 Agosto. Temperatura delle 24 ore: massima 27°,4; minima 23°,0.

Cielo sereno.

Spessa schiuma bruna alla superficie, la quale tramanda un *lievissimo* odore butirrico.

L'acqua fluente al disotto mantiene immutato il suo aspetto e l'odore di barbabietola.

Sul fondo lievissima patina a velo di sedimento, inodora.

Acidità dell'acqua gr. 0.24

» *del sedimento* » 0.39

28 Agosto. Temperatura delle 24 ore: massima 26°,9; minima 19°,8.

Cielo sereno.

Condizioni della schiuma e del liquido invariate.

Leggermente aumentato di sedimento.

Acidità dell'acqua gr. 0.27

» *del sedimento* » 0.44

29 Agosto. Temperatura delle 24 ore: massima 26°,0; minima 18°,8.

Cielo sereno.

La schiuma ha aspetto nerastro alla superficie ed è aumentata di spessore: essa ha odore butirrico.

L'acqua fluisce al disotto con aspetto ed odore normale.

Sul fondo aumento il sedimento melmoso, che non dà però odore distinto.

Acidità dell'acqua gr. 0.29

» *del sedimento* » 0.46

30 Agosto. Temperatura delle 24 ore: massima 27°,2; minima 20°,6.

Cielo misto, non piove.

Lo strato di schiuma superficiale s'è maggiormente inspessito, ed ha odore butirrico.

L'acqua fluisce al disotto con aspetto ed odore normale.

Il sedimento sul fondo e sulle pareti è aumentato ed ha netto odore butirrico.

Acidità dell'acqua gr. 0.39

» *del sedimento* » 0.46

31 Agosto. Temperatura delle 24 ore: massima 25°,2; minima 19°,5.

Cielo misto: piove a brevi riprese (mm. 6,8 nelle 24 ore).

La schiuma superficiale è spessa e puzzolente.

La massa liquida fluente non ha cambiato né aspetto né odore. Il sedimento sul fondo e sulle pareti è cospicuo.

Si sospende l'afflusso del liquido.

La schiuma viene rimossa con delle pale, ed a misura che la superficie del liquido viene così liberata, parte del sedimento sale a galla sotto forma di melma fine, bruno-grigiastra dal forte odore butirrico.

Il bacino è svuotato.

Rimane aderente al fondo e alle pareti una spessa melma da cui esala un violento odore di burro irrancidito.

Acidità (campioni presi prima dello svuotamento):

acqua . . gr. 0.41

sedimento » 0.47

N. B. La ricerca quotidiana di idrogeno solforato diede sempre risultato negativo.

Queste due osservazioni richiedono alcuni commenti:

Sebbene esse non riproducano completamente le condizioni in cui le acque residue vengono a trovarsi nel Canale, sia per la mancata diluizione, sia perché nella vasca la massa acquosa era stagnante e nel bacino fluente ad una velocità inferiore, tuttavia si tratta degli stessi fenomeni fermentativi intensificati o — se vogliamo — esagerati, di cui quindi è più facile osservare l'andamento nelle sue linee principali e fondamentali; per modo che le condizioni in cui io ho praticato tali esperienze permettono di trarre con maggior sicurezza delle nozioni pratiche atte a chiarire il comportamento delle acque residue entro il Canale.

Anzitutto, in ambedue i casi — acqua stagnante ed acqua fluente — noi vediamo che la massa residua si può dividere in tre parti, schiuma, liquido e sedimento. La *schiuma* non si forma subito ma solo quando cominciano a sedimentare le materie sospese, ed è la prima conseguenza delle trasformazioni fermentative ch'esse ben presto subiscono: nel 1° caso ne è cominciata la formazione dopo 24 e nel 2° dopo 48 ore. Tanto nella vasca quanto nel bacino la *massa del liquido* compresa fra la schiuma e il sedimento non ha presentato *mai* nessun odore butirrico, ma ha conservato, specialmente nel bacino, l'odore proprio dell'acqua del May fresca, cioè di barbabietola. Di più, se lasciata in riposo, come nella vasca, essa si è andata rapidamente chiarificando per la progressiva sedimentazione delle sostanze sospese.

In ambedue le esperienze la fermentazione butirrica si rese ben percettibile specialmente a carico del *sedimento*: l'odore butirrico infatti comparve nel deposito della vasca dopo 3 giorni e in quello

del bacino invece dopo 5 giorni: tale odore è comparso pure nella schiuma che si andava formando alla superficie in derivazione della fermentazione iniziata al fondo, ma si è mantenuto lieve.

Riguardo all'acidità, essa si manifestò subito dopo 24 ore e in modo progressivo per dato e fatto dei processi fermentativi che avvenivano in seno alla massa: come però si è veduto nel bacino l'andamento di essa non è stato uguale per l'acqua e per il deposito. In ambedue aumentò ogni giorno progressivamente, nel sedimento mantenendosi sempre più elevata per la maggior concentrazione del materiale fermentante. Non è però a credersi che l'acqua stessa sia la sede di una intensa fermentazione butirrica: è invece assai più logico il pensare che l'acidità da essa acquistata dipenda piuttosto dall'esservi disciolti alcuni degli acidi che si formavano nel sedimento del fondo, e più particolarmente dell'acetico e del lattico a preferenza dell'acido butirrico, giacchè — come ho già detto — la massa del liquido non presentò mai nessun odore butirrico anche il più lieve, nè nella vasca nè nel bacino.

Riferendoci ora alle condizioni del Canale, noi dobbiamo subito mettere in vista un dato di importanza capitale e cioè che il percorso dallo sbocco dello Zuccherificio a Malalbergo è coperto dall'acqua in un massimo di 20 ore: secondariamente le acque residue di lavorazione che vi giungono per il condotto di sbocco vi si trovano diluite in un rapporto che si può stabilire approssimativamente con le cifre seguenti:

Essendo il volume ordinario massimo delle acque del Canale di 10 mc. al secondo e il minimo di 3 mc., e il volume di acque di lavorazione riversato in esso essendo di 100 mc. all'ora, ossia mc. 0,028 (cifra tonda) al minuto secondo, la diluzione che subiscono tali acque in Canale risulta rispettivamente:

1. A canale in piena 0,28 %.
2. A canale in magra 0,93 %.

A questo si deve aggiungere che le acque residue non arrivano direttamente nel Canale dal May, ma passano invece prima nelle due fosse di sedimentazione munite di sbarramenti a fascine e a coke, ove soggiornano più o meno lungamente, fuoriuscendone per gli sfioratori e riversandosi in Canale: si comprende allora come una parte del materiale sospeso, per quanto leggero, possa esservi depositato e che le acque residue giungano al Canale più povere di quando abbandonano l'apparecchio del May.

Altro elemento da tenere presente è quello che sebbene — e sempre in modo saltuario — il fetore sia stato avvertito più o meno fortemente lungo tutto il tratto del Canale a valle dello Zuc-

cherificio, esso è sempre stato denunciato come particolarmente violento e insistente nell'ultimo tronco, nei pressi di Malalbergo: come si ricorda, è questo il tratto il quale — per le esigenze dell'irrigazione delle risaie — è, durante l'estate, messo in secca periodicamente secondo i tre turni di cui ho già tenuto parola.

Riannodando tutti quasti elementi, noi possiamo renderci conto delle cause e delle condizioni per cui il fetore si può risentire nel Canale. Anzitutto non è il materiale residuo che *scorre* insieme all'acqua del Canale che lo provoca, giacchè se nelle mie due esperienze fatte con acqua non diluita o stagnante o a lento deflusso, la parte liquida non tramandò mai nessun odore butirrico durante 4 e 6 giorni, tantopiù non è da ritenersi che nel Canale durante 20 ore di percorso, con una diluizione e una velocità di corrente tanto maggiori, le acque residue abbiano avuto tempo e il modo di produrre una fermentazione dell'acido butirrico in quantità tale da giustificare un fetore tanto acuto e grave quale è stato preteso o descritto.

Bisogna quindi pensare ad altro: osservando lo scarico delle acque residue in Canale, ho notato che con esse vengono trasportate delle vere zolle della densissima schiuma che si forma nelle fosse di sedimentazione, la quale si ritrova anche per qualche chilometro lungo il Canale: è assai probabile che tale schiuma soffermandosi negli angoli morti e nelle insenature di esso vi aderisca alle rive e vi si accumuli dando dei « focolai » di fetore: e questo può valere specialmente per i primi tratti del Canale.

Per l'ultimo tratto, al disotto di Bentivoglio e verso Malalbergo, ove il fetore è più violentemente accusato, la questione si chiarisce in modo diverso: ivi si hanno le secche periodiche dei vari tronchi del Canale e nella stagione più calda: ora noi sappiamo (dalle precedenti osservazioni) che anche quando il sedimento è in putrefazione, l'odore d'acido butirrico non si avverte sino a quando la massa acqua o soggiorna o vi scorre al disopra, ma solo quando il sedimento è messo allo scoperto: ora lungo il Canale avviene certamente una continua sedimentazione del materiale veicolato, la cui fermentazione, già cominciata nelle vasche di sedimentazione, vi progredisce. Ebbene, nei tratti ove vien fatto periodicamente la secca, o quando per la magra le acque diminuiscono, il sedimento accumulatosi sul letto e sulle sponde è messo a giorno e solo allora l'odore butirrico esalerà nell'ambiente: ed infatti dalle inchieste fatte da me e da quanti si occuparono della cosa (V. Cap. II), risulta che il fetore in quella zona si percepisce specialmente quando il livello del Canale si abbassa, per qualsiasi ragione, e quando si hanno le secche: naturalmente non è il solo odore butirrico che è causa degli inconvenienti

lamentati, poichè è a credere che esso si unisca, aumentandolo, al fetore che per le stesse condizioni è prodotto dagli altri materiali organici — specie di natura albuminoide — indipendenti dalle acque residue, che pure sedimentano sul letto e sulle sponde in grandi quantità, aggravando così l'incomodo per le popolazioni vicine.

Una riprova a questa mia asserzione è data dall'esame dei fanghi del Canale (V. mie tabelle): si nota in essi, infatti, che il tenore in sostanza organica non è sensibilmente aumentato durante la campagna zuccheriera, contrariamente a quello che *a priori* potrebbe credersi; segno questo che il materiale depositantesi dalle acque residue dello Zuccherificio ha piuttosto una importanza per la qualità anziché per la quantità.

Concludendo: per quanto riguarda lo Zuccherificio, è stato non piccolo errore da parte di tutti coloro che lo consigliarono o l'imposero, l'aver voluto trasformare le vasche di semplice sedimentazione della terra in bacini di epurazione mediante vari sbarramenti a fascina o a coke che vi furono successivamente costruiti: in tal modo si sono accumulate delle quantità non indifferenti di materiali in corso di fermentazione che poco a poco passavano nel Canale portandovi già formate le sostanze puzzolenti; mentre d'altra parte essendovi continuo l'afflusso e l'efflusso, non potevano compiere la funzione di bacini di chiarificazione *veri e proprii* dai quali l'acqua residua si gettasse in Canale nelle condizioni in cui si trovava nella vasca di 10 mc. dopo 3 giorni di riposo, cioè ben chiara e spoglia della massima parte delle sue sostanze sospese. Infatti il liquame che ne esce non solamente è in via di fermentazione e lascia seco forti quantità di schiume fetide, ma contiene anche molta sostanza organica sospesa.

Per quanto riguarda il Canale poi, si deve agli arresti di corrente, alle magre e alle secche il fetore che vien lamentato: se questo corso d'acqua fluisse a livello e a velocità costanti, si può affermare che nessun fetore si avverirebbe, sia per la brevità del percorso, sia perchè dalle sostanze fermentanti sul fondo e sulle sponde sommerse non si avrebbe alcuna esalazione nell'atmosfera.

E questo vale non solamente per i residui dello Zuccherificio ma altresì — ed in primo luogo — per l'enorme quantità di tutti gli altri materiali organici che si riversano cotidianamente nel Canale Navile, alla putrefazione dei quali è dall'indagatore imparziale ad ascriversi non piccola parte di quegli inconvenienti che — con una concezione troppo semplicista — molti, e per tanto tempo, preferirono attribuire esclusivamente alle materie residue dell'industria zuccheriera.

VI.

I Rimedi.

Stabilita la natura degli inconvenienti imputabili alla presenza delle acque residue dello Zuccherificio nel Canale Navile — che si riassumono sostanzialmente nella possibilità, in date epoche e sotto certe condizioni, di esalazioni fetide incommode alle popolazioni fronteggianti il Canale — ritenni necessario avvisare ai mezzi con i quali raggiungerne l'eliminazione.

La soluzione del problema fu numerose volte tentata secondo vari sistemi che si possono dividere come segue:

1. CHIARIFICAZIONE PER SEDIMENTAZIONE.
2. FILTRAZIONE.
3. EPURAZIONE CON PROCESSI CHIMICI.
4. EPURAZIONE BIOLOGICA ARTIFICIALE.
5. EPURAZIONE BIOLOGICA NATURALE (SPANDIMENTO).

Riferendo questi diversi sistemi al caso che ci occupa, renderò conto delle ricerche da me fatte in proposito. Per le ragioni già in precedenza esposte, quanto segue riguarda in particolar modo le acque di pressa e diffusione.

1. CHIARIFICAZIONE PER SEDIMENTAZIONE.

Le mie osservazioni (Vedi Capitolo precedente) sull'andamento della putrefazione delle acque residue tenute in riposo nella vasca di 10 mc. dimostrano la possibilità di ottenere una buona chiarificazione di quelle acque con 3-4 giorni di sedimentazione: è bensì vero che la massa del liquido subisce un'intensa fermentazione con forte schiuma alla superficie e una notevole quantità di sedimento melmoso al fondo, aventi odore butirrico, ma non è meno vero che la parte più propriamente liquida non ha acquistato alcun odore e si presenta ben chiara, solo mantenendo un certo grado di opalescenza dovuto a sostanze di natura colloidale.

Se si avviasse al Canale un'acqua residua portata a queste condizioni, è indubitato che si otterrebbe un miglioramento notevolissimo, a patto che, con opportuni mezzi meccanici si trasportassero altrove — in fosse apposite — le schiume e il sedimento che andrebbe estratto dal fondo. Ma questo metodo non costituirebbe che un « miglioramento » come ho detto ora: giacchè le materie che si trovano ancora nel liquido allo stato di sospensione colloidale continuerebbero a subire dei processi fermentativi che poco a poco ne determinerebbero la sedimentazione completa. Infatti l'acqua così chiarificata, ma ancora opalescente, da me tenuta in riposo entro grandi recipienti, continuò a cedere del sedimento fino a che, entro 5-6 giorni,

si poteva osservare una massa liquida praticamente limpida sovrastante ad uno strato più o meno spesso di materie deposte.

Evidentemente quando l'acqua fosse condotta nel Canale dopo subita la prima chiarificazione, non avrebbe il tempo di cedere ad esso — nelle 20 ore di tempo massimo che impiega a percorrerlo e per di più trovandosi gradatamente diluita — tutto il materiale che invece depone allo stato di riposo. Ma quando si adotta un provvedimento, è opportuno ch'esso sia completamente efficace: ora, nel caso presente, data la forte massa di acque residue che giornalmente si riversano in Canale (2400 mc. al giorno di acque di lavorazione) non è certo che le quantità pur limitate di materiali sospesi i quali tuttavia si deporrebbero, non finirebbero col loro accumularsi progressivo per rinnovare, sebbene in misura assai minore, l'inconveniente tante volte lamentato.

La chiarificazione per sedimentazione dà dei risultati molto migliori quando ci si rivolga ad un mezzo da me escogitato, consistente nell'impiego di una certa quantità di catrame. Vale la pena di spendervi alcune parole.

Il catrame ha una spiccata azione inibitrice sul processo fermentativo che si verifica nelle acque residue lasciate a sé, per modo che esso viene sin dagli inizi arrestato od almeno grandemente ostacolato. Valgano come esempio le esperienze seguenti:

25 Agosto. La vasca in ferro di 10 mc. è spalmata con due strati di catrame e quindi riempita con acqua residua proveniente dal May, avente la temperatura di 45°, e acidità nulla.

26 Agosto. Lievissimo strato di schiuma alla superficie. Sul fondo si è depositato un copioso sedimento giallastro, non melmoso, ma d'aspetto granuloso avente odore di barbabietola.

Acidità (in acido solforico, gr. per litro) dell'acqua 0,34
del sedimento 0,38

27 Agosto. La schiuma della superficie è scomparsa, l'acqua è grandemente chiarificata, senza odore.

Il sedimento è aumentato; ha i caratteri di ieri, non ha odore butirrico.

Acidità dell'acqua 0,34
» del sedimento 0,39

28 Agosto. Acqua completamente chiarificata, un po' opalescente, senza odore.

Sedimento come ieri, senza alcun odore butirrico.

Acidità dell'acqua 0,34
» del sedimento 0,39

29 Agosto. Caratteri dell'acqua identici a quelli di ieri; essa è però ancor più chiara.

Sedimento non aumentato, nè modificato d'aspetto, non dà odore butirrico.

Acidità dell'acqua 0,39

» *del sedimento* 0,44

30 Agosto. Acqua immutata. Nessun odore.

Sedimento d'aspetto immutato: dà odore distinto di acido butirrico. Si vuota la vasca e la si prepara per un nuovo riempimento.

Acidità dell'acqua 0,39

» *del sedimento* 0,45

Questa esperienza fu ripetuta nelle medesime condizioni: siccome durante i cinque giorni in cui durò, il comportamento dell'acqua e del sedimento fu uguale a quello della precedente, così riporto solo le cifre dell'acidità, avvertendo che sul fondo della vasca, prima del riempimento, fu versato pure un denso strato del catrame con cui furono verniciate le pareti. Anche in questo caso, come nel precedente, il sedimento cominciò a tramandare odore butirrico dopo 5 giorni.

30 Agosto. La vasca è riempita nel pomeriggio con acqua proveniente dal May.

31 Agosto. — *Acidità dell'acqua* 0,34

» *del sedimento* 0,44

1 Settembre. — *Acidità dell'acqua* 0,35

» *del sedimento* 0,44

2 Settembre. — *Acidità dell'acqua* 0,37

» *del sedimento* 0,46

3. Settembre. — *Acidità dell'acqua* 0,37

» *del sedimento* 0,46

4. Settembre. — *Acidità dell'acqua* 0,37

» *del sedimento* 0,47

L'impiego del catrame adunque modifica notevolmente l'andamento della fermentazione, da un lato rendendola più debole e lenta, ritardando pure l'esalazione butirrica delle materie depositatesi la quale è altresì assai tenue, dall'altro permettendo una sedimentazione molto più rapida delle materie sospese e quindi una più rapida chiarificazione della massa liquida. Infatti mentre l'odore butirrico, nell'esperienza fatta nelle identiche condizioni, ma senza catrame (Vedi pag. 57), comparve dopo due giorni, nelle due precedenti è apparso solamente ed assai leggero al 5° giorno; in queste dopo 2 giorni l'acqua aveva già raggiunto il grado di chiarezza che in quella presentava solo al 4° giorno, in queste finalmente non si ebbe praticamente formazione di schiume che erano invece in quelle spesse e persistenti. Anche il confronto delle acidità ci dice come col tratta-

mento al catrame la fermentazione proceda lentamente e con scarsa attività.

Evidentemente l'azione antisettica del catrame si esplica energicamente sui microrganismi della fermentazione inceppandone le funzioni.

La seguente tabella indica la progressiva riduzione delle sostanze organiche contenute nell'acqua del May lasciata sedimentare in riposo: in essa con A si indicano le osservazioni fatte sull'acqua senza catrame nell'esperienza riportata nel capitolo precedente a pag. 57; con B è riferita la seconda delle due precedenti osservazioni sull'acqua residua trattata con catrame.

Natura dell'acqua	Sostanze organiche ‰			Osservazioni
	totali	disciolte	sospese	
Acqua del May fresca . . .	3,02-4,40	2,36-3,20	0,66-1,20	torbidissima
<i>A</i>				
Dopo 1 giorno di sedimentaz.	3,05	2,15	0,90	—
» 2 giorni »	2,17	1,72	0,45	—
» 3 » »	1,65	1,56	0,09	opalescente
» 4 » »	1,35	1,35	tracce	quasi limpida
<i>B</i>				
Dopo 1 giorno di sedimentaz.	3,25	2,37	0,88	opalescente
» 2 giorni »	2,05	1,83	0,12	—
» 3 » »	1,70	1,70	tracce	quasi limpida
» 4 » »	1,45	1,45	tracce	—
» 5 » »	1,47	1,47	tracce	—

Per concludere, quando si volesse ricorrere alla sedimentazione per chiarificare le acque residue, e non si dovesse tener conto dell'eccezione più sopra mossa nei riguardi delle sostanze che ancora si trovano sospese nelle acque chiarificate allo stato colloidale, bisognerebbe ricorrere all'aiuto del catrame e prevedere la costruzione di bacini adatti ad almeno 48 ore di sedimentazione, ai mezzi di evacuazione del sedimento e alle fosse ove seppellire le materie deposte.

In tutto questo che sono venuto esponendo, potrebbe obiettarsi ch'io ho sempre parlato di sostanze sospese e non mi sono occupato delle sostanze organiche le quali si trovano disciolte nelle stesse

acque, a cui molti Autori tuttavia attribuiscono non piccola parte nei processi putrefattivi da cui risulta l'inconveniente del fetore. Ebbene, nei termini in cui si trova la nostra questione, io sono convinto che le sostanze più propriamente disciolte possono trascurarsi: basti il ricordare che la massa liquida e concentrata delle acque residue non manda alcun odore anche se lasciata in riposo per 5-6 giorni, e che le acque riversate in Navile vi si diluiscono notevolmente ed impiegano non più di 20 ore per gettarsi nel fiume Reno — fuori quindi della zona in cui esse possono incomodare alcuno — perché io sia pienamente giustificato se, nel cercare la soluzione del problema, mi preoccupo principalmente dei materiali in sospensione e di quelli in pseudo-sospensione.

2. FILTRAZIONE.

Allo scopo di liberare le acque provenienti dal May delle sostanze sospese che contengono, ho tentato la filtrazione di esse su dei filtri a sabbia, sia in bacini di diverso spessore e con sabbia a granuli di varia grossezza, sia valendomi di un filtro pure a sabbia, a funzionamento automatico e lavaggio refluo, propostomi da una Casa costruttrice nostrana.

In tutti i casi i risultati furono assai infelici.

Poiché, ecco quanto avviene: Nessuna sabbia, per quanto fine, riesce a trattenere tutti i materiali sospesi, ma solo i più grossolani, onde si ottiene un liquido torbido, in cui perciò è ancora molta parte di materie in sospensione. A misura però che alla superficie ed anche entro i pori del filtro si depongono dei materiali, per modo che il lume dei canalicoli si va restringendo, migliorano anche le qualità del liquido filtrato sino a che esso fuoriesce limpido: ma questo momento corrisponde esattamente al punto in cui il filtro sta per ostruirsi, per modo che il limite di pervietà di esso è facilmente sorpassato da qualsiasi ulteriore apporto di materiale, che così chiuderà definitivamente il filtro. Si comprende bene quindi come qualunque sistema di epurazione basato sulla filtrazione non possa adottarsi, giacché il suo funzionamento non corrisponderebbe neanche alle più modeste esigenze industriali ed igieniche.

La seguente tabella dà un'idea della riduzione delle sostanze sospese che si possono ottenere con i filtri in piena funzione, cioè prima che si sia iniziato l'intasamento di essi, secondo le analisi da me praticate nel corso delle mie esperienze:

	Sostanze organiche ‰		
	totali	disciolte	sospese
Acqua del May bruta .	3,02-4,40	2,35-3,20	0,66-1,20
Filtrazione A	3,87	3,50	0,37
Filtrazione B	3,72	3,32	0,40
Filtrazione C	4,07	3,74	0,33

Questi risultati escludono anche l'impiego di materiali filtranti più grossolani con i quali l'epurazione evidentemente sarebbe ancor più incompleta ed inefficace.

3. EPURAZIONE CON PROCESSI CHIMICI.

Per quanto alcuni fra i numerosi metodi chimici che sono stati volta a volta preconizzati per il trattamento delle acque residue di Zuccherificio godano ancora il favore di qualche industriale, tuttavia si sono generalmente sollevate contro di essi non poche critiche ed eccezioni.

Ad esempio, Calmette trova che « i sistemi di epurazione basati sull'impiego di reagenti chimici come la calce, i solfati ferroso e ferrico, il solfato d'alluminio ecc., precipitano le materie petteche trascinando la maggior parte delle materie in sospensione; ma presentano tutti il grave inconveniente di lasciare intatte le sostanze organiche disciolte, come lo zucchero, le quali riversate nei corsi d'acqua, si putrefanno dando origine a dei prodotti solubili e gassosi nocivi e mal odoranti ». Così pure Anfossi e Rossi, dopo essersi occupati della depurazione delle acque residue di Zuccherificio, manifestano mediocre fiducia nell'impiego di reagenti chimici che, particolarmente vantaggiosi per le acque di rifiuto azotate, lo sono assai meno per quelle di Zuccherificio, ove si ha a che fare soprattutto « col saccarosio, la cellulosa e simili idrati di carbonio, con sostanze cioè le quali sono bensì capaci di dar luogo a fermentazione (butirrica) contro le quali però la chimica non dispone di mezzi capaci per eliminarle ».

Dei processi chimici i più usati sono quelli « per precipitazione » allo scopo di liberare le acque residue dalla maggior parte delle loro sostanze sospese, ed anche d'una certa quantità di quelle disciolte mediante la flocculazione di esse, provocata dalla aggiunta del reagente o dei reagenti. L'azione delle sostanze precipitanti viene così descritta nell'*Handbuch der Hygiene* di Rubner, Gruber e Ficker, al capitolo corrispondente scritto da Schmidtman, Thumm e Reichle: « Le sostanze precipitanti che si aggiungono

agiscono accelerando la sedimentazione delle sostanze sospese e provocando la flocculazione di buona parte di quelle disciolte. Poichè, secondo la teoria degli ioni, quando reagiscono fra di loro varie sostanze non è possibile la precipitazione completa di uno dei prodotti che in presenza di un eccesso di uno dei reagenti dello stesso nome, onde è sempre necessario, per ottenere una flocculazione completa, d'impiegare un eccesso di sostanza chiarificante ». Gli stessi autori, dopo avere accennato ai prodotti più comunemente usati per la precipitazione affermano che « la scelta dei vari mezzi precipitanti deve essere fatta caso per caso od essere preceduta da ricerche preliminari sistematiche ». Questo consiglio è pienamente giustificato: le condizioni in cui si svolge l'industria variano, si può dire, da stabilimento a stabilimento, onde sarebbe stolto il voler proporre per tutti una soluzione comune ai problemi che sono ad essa inerenti. Così noi vediamo che Calmette, Anfossi e Rossi, e altri autori, si preoccupano di non gettare nei corsi d'acqua delle acque residue le quali non sieno liberate, oltre che delle materie sospese, anche di quelle disciolte. Nel caso nostro invece — dello Zuccherificio di Bologna e del Canale Navile — ho già avuto occasione di notare come la presenza delle sostanze organiche più propriamente disciolte nelle acque del Canale abbia un'importanza secondaria, giacchè il percorso dello Zuccherificio al fiume Reno è troppo breve perchè la loro fermentazione possa dare origine ad inconvenienti, mentre devono essere tenute in maggior considerazione quelle sospese allo stato colloidale, cioè in pseudo-soluzione, (che nelle mie analisi vengono pure calcolate con quelle disciolte perchè passano attraverso al filtro) giacchè, probabilmente per trasformazioni fermentative, sono suscettibili di dare del sedimento.

Onde io dovevo indirizzare le mie indagini a trovare un mezzo il quale precipitasse le sostanze sospese e potesse pure far deporre quelle colloidali mediante un processo di flocculazione: riuscendo in questo intento avrei potuto riversare nel Canale delle acque decantate in cui non rimanevano più che le sostanze disciolte, e quindi praticamente limpide.

Ora se nelle prove di laboratorio non è difficile trovare una o più sostanze chimiche capaci di liberare le acque residue della lavorazione delle barbabietole dalle materie sospese più grossolane e di quelle sospese allo stato colloidale, il problema acquista ben altra difficoltà quando si voglia risolverlo nei suoi termini industriali: si tratta infatti di epurare una massa di liquido ammontante, nel nostro caso, a 2400 mc. al giorno — su un periodo medio di 70 giorni di lavorazione — per la quale è necessario ricorrere ad un mezzo anzitutto non dispendioso né per l'impianto né per l'esercizio, e nel tempo

medesimo di applicazione facile e di funzionamento sicuro ed efficace nei risultati.

*
* *

Uno dei mezzi chimici più soventi impiegati per la precipitazione delle sostanze sospese è quello che si vale del *solfato di alluminio*. Mi rivolsi per primo ad esso, ma le prove fatte in laboratorio mi consigliarono di scartarlo subito. Poiché è bensì vero che esso possiede una spiccata azione precipitante, provocando una sorta di coagulazione che finisce per trascinare al basso tutte le sostanze in sospensione e lasciando limpido il liquido sovrastante, ma tale precipitazione avviene troppo lentamente perché vi si possa basare un processo di pratica attuazione industriale.

La seguente tabella riassume il risultato delle mie osservazioni su acqua del May trattata con solfato d'alluminio, un grammo per litro:

Natura dell'acqua	Sostanze organiche ‰			Osservazioni
	totali	disciolte	sospese	
Acqua del May bruta . . .	3,02-4,40	2,30-3,20	0,66-1,20	torbidissima
Acqua del May trattata				
dopo 1 giorno	3,90	2,70	1,20	lattiginosa
» 2 giorni	3,45	2,48	0,97	idem.
» 3 »	3,00	2,22	0,78	—
» 4 »	2,70	2,05	0,65	—
» 5 »	2,10	1,88	0,22	fortemente opalescente

*
* *

Un altro processo di precipitazione di cui è stata tentata l'applicazione alle acque di zuccherificio è quello all'*umato*, di Hoyer-mann-Wellensiek: in sostanza esso consiste nel preparare dell'umato di sodio facendo digerire della lignite polverata in una soluzione di soda caustica. Si può adoperare l'umato in soluzione direttamente, ovvero in polvere tirando a secco l'estratto alcalino di lignite.

Le due forme d'umato furono da me sperimentate: impiegai cioè dell'umato disciolto aggiungendolo nella quantità di 10 cc. a un litro di acqua del May, e l'umato secco nella proporzione di 50 centigr. per litro. I risultati furono però tutt'altro che soddisfacenti; l'acqua rimase gialla e torbida per lungo tempo, mentre la precipi-

tazione, lentissima, continuò durante parecchi giorni. L'analisi di parte del liquido decantato dopo tre giorni mi diede:

A - *Acqua del May trattata con umato in soluzione:*

Sostanze organiche totali	per 1000	3,65
»	disciolte »	3,12
»	sospese »	0,53

B - *Acqua del May trattata con umato secco:*

Sostanze organiche totali	per 1000	3,87
»	disciolte »	3,19
»	sospese »	0,68

La precipitazione provocata susseguentemente con aggiunta di calce non mi diede risultati migliori di quelli da me ottenuti con l'impiego della sola calce, di cui dirò più oltre; poichè anche dall'acqua momentaneamente chiarificata continuò nei giorni seguenti a prodursi nuova deposizione di materia.

Un processo simile è quello descritto da Freese, pure per le acque di zuccherificio: egli parte dal principio su cui si basa il processo Degener, il quale unisce all'acqua da epurare della polvere di carbone, lignite o torba (e specialmente lignite finemente polverata) precipitando poi con solfato ferroso e calce: l'idrato ferrico che si produce porta al basso tutte le sostanze sospese, lasciando limpido il liquido. Questo processo, *assai costoso*, fu modificato dal Freese nel senso ch'egli impiega della lignite trattata con degli alcali (come nel metodo precedente) perchè « in tale forma — egli dice — l'azione delle sostanze umiche è assai più energica e la quantità di lignite richiesta minore »: fatta la mescolanza, il Freese precipita con idrato di calce. L'operazione si effettua nel modo seguente: Le acque di diffusione e di pressa sono mescolate alle materie umiche in un bacino munito di agitatori: si aggiunge in seguito la calce e il liquido è inviato in un cilindro d'onde si estrae l'acqua chiarificata mentre si separa il sedimento con un filtro a sabbia.

Come si vede, il processo Freese è basato sul principio di quello di Hoyer mann-Wellensiek: a parte gli inconvenienti derivanti dall'impiego di un filtro a sabbia — di cui ho già detto — non presenta nessun vantaggio nel caso dello Zuccherificio di Bologna, il fatto di poter rinviare in lavorazione le acque chiarificate con ricupero di piccole quantità di zucchero, mentre permane la poca sicurezza del suo funzionamento.

*
* *

Altri sistemi, come per esempio quello di Liesenberg al *sale ferrico di soda*, di Battut, alla *calce e fosfato di bario*, di Divis

al *solfato di ferro*, *silicato* e *calce*, furono da me trascurati, perchè oltre al riuscire grandemente costosi non hanno dato alle prove dei risultati troppo confortanti.

*
* *

Una serie delle mie ricerche fu rivolta a studiare l'azione dell'*ossido di ferro* sopra le acque residue di lavorazione. Allo scopo di avere un materiale di poco o nessun costo, utilizzai le ceneri di piriti residuanti dalla fabbricazione dell'acido solforico dalle piriti di ferro: queste — come è noto — lasciano dopo la torrefazione delle ceneri costituite quasi tutte di ossido di ferro (Fe_2O_3), nella proporzione di 70-73 chili per quintale.

Trattando le acque del May con le ceneri di piriti, si ha una flocculazione dovuta evidentemente all'azione catalizzatrice dell'ossido di ferro rispetto all'ossigeno atmosferico con il quale l'acqua viene in contatto durante l'operazione: di più esse cedono una certa quantità di acido solforico che favorisce la coagulazione degli albuminoidi esistenti allo stato di pseudo-soluzione nell'acqua di lavorazione.

Avendosi però a trattare grandi masse d'acqua, si dovrebbe limitare il contatto di essa con le ceneri di piriti ad un breve tempo mediante un lento passaggio, per non ricorrere all'impianto di costosi bacini di contatto, mentre che la tenue acidità conferita dall'acido solforico ceduto dalle ceneri stesse non sarebbe sufficiente a coagulare completamente le sostanze colloidali. Pensai allora di far seguire al trattamento con le piriti bruciate un passaggio dell'acqua residua attraverso delle torri contenenti delle scorie di fonderia e del carbone *coke*, nelle quali l'acqua frantumandosi minutamente nelle anfrattuosità spugnose tanto delle scorie che del *coke*, trova l'ossigeno sufficiente a completare la flocculazione, mentre le scorie — per la parte di ossido di ferro onde sono costituite — funzionano come catalizzatrici intensificando l'azione dell'ossigeno immagazzinato nel materiale.

Inoltre durante la caduta delle acque attraverso le torri, e per essa, avviene un'aspirazione d'aria atmosferica la quale non solo prende contatto col liquido, ma serve anche a rifornire man mano la riserva d'ossigeno che le scorie ed il *coke* sono capaci di trattenere, di guisa che il funzionamento delle torri dovrebbe risultare teoricamente continuo per tale ricupero.

Il sistema può essere finalmente migliorato aggiungendo alle piriti una piccola quantità di acido solforico in modo da stabilire nella massa del liquido una lieve ma costante acidità: l'acqua arriverà allora alle torri in ottime condizioni e vi si arricchirà di solfato ferroso, l'azione coagulante e precipitante del quale si addiziona a quella delle scorie e dell'ossigeno atmosferico.

Le prove fatte in laboratorio corrisposero perfettamente alle mie previsioni, onde passai a stabilire un impianto che mi consentisse di sperimentare il mio sistema su vaste quantità di acqua residua, ed in condizioni più vicine a quelle in cui l'applicazione pratica avrebbe dovuto trovarsi.

Il dispositivo dell'impianto da me attuato è il seguente:

1. Una *cassetta* lunga m. 4, larga m. 0.25, profonda m. 0.27, è destinata a contenere per tutta la sua lunghezza uno strato di 10 cm. di ceneri di piriti. Essa è collocata all'altezza della sommità della torre: ad una estremità fa capo il tubo destinato a condurvi per mezzo di una pompa a vapore l'acqua del May da trattare, la quale lungo il percorso della cassetta viene mescolata intimamente e continuamente alle piriti, in via provvisoria da degli operai, per mezzo di palette. Dall'estremità opposta, dopo aver lentamente percorso i 4 m. della cassetta, l'acqua fuoriesce per passare nella torre.

2. La *torre* è rappresentata da un tubo in ghisa, alto m. 4, del diametro utile di m. 0.44. Sul fondo di esso, costituito da una lamiera a fori, sono disposti — come supporto — 30 cm. di ciottoli e ghiaia, ai quali succedono m. 3.50 di scorie di fonderia spugnose e di carbone *coke* a parti uguali. Le acque vi sono distribuite da un disco di lamiera a piccoli fori che ricopre la massa.

3. *Vasca di raccolta* la quale non è se non la vasca di ferro di 10 mc. servitami in esperienze precedenti, in cui il liquido fluente della torre è condotto a mezzo d'una doccia di lamiera.

Primitivamente anziché impiegare la cassetta a piriti bruciate, l'acqua da epurare giungeva direttamente dall'apparecchio May alla sommità della torre, ove fra il materiale composto di *coke* e scorie erano stati disposti due strati di piriti. Questo dispositivo fu abbandonato per la cassetta, che meglio corrisponde allo scopo. Naturalmente questa in un impianto industriale dovrebbe essere sostituita da un *mélangeur* ad agitatori, di dimensioni calcolate secondo l'entità dell'impianto stesso.

In una prima esperienza fatta con questo sistema (31 agosto 1912) l'acqua da epurare, dopo attraversata la torre, giungeva anziché nella vasca di ferro in un cilindro di ghisa sottostante ad essa — avente l'altezza di m. 2.45 e il diametro di m. 1.60 — in cui era stato stabilito un filtro a sabbia così costituito (dal fondo):

Camera di raccolta (con scarico al fondo)	m. 0.45
Lamiera a fori con armatura in legno.	
Ciottoli, strato di	» 0,25
Ghiaia, strato di	» 0,25
Sabbia (granuli di 2-3 mm.) strato di . .	» 0,65

Messo in funzione l'apparecchio, si osservò che l'acqua passava in primo tempo attraverso al filtro di sabbia non completamente chiarificata. Dopo due ore, per effetto dell'accumularsi del sedimento alla superficie del filtro, la resistenza di questo era manifestamente aumentata e d'altra parte si poteva raccogliere un'acqua perfettamente limpida (prova questa della completa flocculazione dei materiali anche colloidalì avvenuta per effetto del trattamento a piriti — scorie — coke). Ma d'altra parte il progressivo diminuire della erogazione del filtro mi fece persuaso che la filtrazione a sabbia, come — secondo ho già detto — non è consigliabile per l'acqua bruta, non lo è neppure per l'acqua così trattata. Il filtro venne quindi abbandonato e vi fu sostituita la sedimentazione col riposo dell'acqua trattata, nella vasca di 10 mc.

Riassumo le esperienze susseguenti:

ESPERIENZA A.

2 *Settembre* - L'acqua è inviata dal May al sistema epurante con la velocità di 36 litri al minuto primo. La vasca di raccolta viene riempita in circa 5 ore (fra le 10 e le 15).

L'acqua che fluisce dalla torre, ha colore rossastro sporco e presenta una lieve acidità: esaminata periodicamente raccogliendone dei campioni in bicchieri di vetro da 500 cc., essa dà subito un alto strato di sedimento granuloso costituito di materia di barbabietola, sopra il quale il liquido è torbido sporco per le impurità trascinate dalle piriti e dal materiale della torre.

3 *Settembre*. - La massa liquida nella vasca mantiene un colore rossastro sporco: la reazione è nettamente acida: nessun odore ne esala. La vasca è vuotata: al fondo si nota un alto strato di sedimento costituito di materia di barbabietola precipitata.

ESPERIENZA B.

3 *Settembre*. - Appena vuotata la vasca, si rimette in funzione l'apparecchio per una nuova osservazione, aumentando la quantità delle ceneri di piriti. La vasca è piena alla sera. L'acqua raccolta vi presenta i caratteri precedentemente descritti.

4 *Settembre*. - La massa acquee è sporca e torbida, nettamente acida, inodora: alla superficie è uno strato di schiuma, il che sta ad indicare una incipiente fermentazione del materiale sedimentato.

La vasca è vuotata: al fondo un alto strato di materie di bietola depostesi.

È pure vuotata la torre dalle scorie e dal coke, per vedere in quale stato si trovino dopo il passaggio di due giorni d'acqua residua. Alcuni pezzi hanno una lieve patina organica la quale però si può facilmente lavare con un getto d'acqua.

ESPERIENZA C.

In questa esperienza oltre alla solita vasca vengono riempiti anche un tubo di ghisa alto m. 3 e del diametro di m. 0.25, ed un cilindro di ghisa alto m. 2.45 e del diametro di m. 2.60, e ciò per constatare se variando i rapporti fra superficie ed altezza dei recipienti destinati alla sedimentazione, la rapidità con cui questa avviene sia sensibilmente modificata. Effettivamente ciò non accadde, onde per le osservazioni che seguono mi riferisco unicamente all'acqua tenuta in riposo nella vasca di 10 cc.

7 Settembre. - L'apparecchio è messo in funzione e la vasca è riempita in giornata.

L'acqua ha i caratteri già descritti.

8 Settembre. - La massa liquida della vasca è sporca, nettamente acida, senza odore e con schiuma alla superficie densa ed incrostata di polvere di piriti.

9 Settembre. - Il liquido è assai più chiaro ma sempre sporco: acido, senza odore: la schiuma è estremamente ridotta.

10 Settembre. - Il liquido è ben chiarificato, acido, inodoro: la schiuma è scomparsa.

Date le impurezze derivanti dalle piriti, dalle scorie e dal coke che rendono l'acqua torbida e sporca, è ovvio come non sia stato possibile in queste esperienze di seguire l'andamento dell'epurazione dalla progressiva chiarificazione. Quindi per ogni esperienza furono fatte delle determinazioni delle sostanze organiche, che riporto insieme a quelle dell'acidità:

Esperienze	Sostanze organiche ‰			Acidità ‰
	totali	disciolte	sospese	
<i>A</i>				
dopo 24 ore	0,97	0,89	0,08	0,28
<i>B</i>				
dopo 24 ore	0,81	0,81	traccie	0,24
<i>C</i>				
dopo 12 ore	1,62	1,40	0,22	0,08
» 24 »	0,72	0,72	traccie	0,25
» 36 »	0,67	0,67	traccie	0,27
» 2 giorni	0,67	0,67	—	0,31
» 3 »	0,65	0,65	—	0,38

Riassumendo, è possibile ottenere con questo sistema una sufficiente epurazione delle acque residue di lavorazione delle barbabietole in 24 a 36 ore di sedimentazione da effettuarsi in appositi bacini.

*
* *

Un'ulteriore serie di esperienze fu da me fatta con il *trattamento alla calce* delle acque residue, il quale si asserisce sia impiegato in vari zuccherifici anche nostrani.

Le esperienze preliminari fatte in laboratorio mi hanno portato ad osservare che se si aggiunge del latte di calce a dell'acqua del May (partendo da un grammo di calce viva per un litro di tale acqua) si ha una rapida flocculazione delle materie contenutevi le quali sedimentano in 1-2 ore lasciando *attualmente* il liquido sovrastante praticamente limpido. L'acqua residua deve però essere fresca — e quindi di reazione neutra — perchè a misura che per la fermentazione si rende acida è necessario aumentare la quantità del latte di calce, una parte del quale va a neutralizzare l'acidità prima che la restante provochi il fenomeno ora accennato.

Questo risultato si presentava a tutta prima assai soddisfacente, onde decisi di ripetere le prove su scala più vasta, ossia su 10 mc. d'acqua residua alla volta entro la vasca di ferro che avevo già adoperata per le precedenti ricerche, nel modo che seguì:

Esperienza n. 1. (13 settembre 1912)

La vasca è riempita al mattino con acqua proveniente dall'apparecchio May. La temperatura ne è di 47°, la reazione neutra.

Vien preparato al momento del latte di calce partendo da 10 kg. di calce viva e lo si versa nella vasca mescolandovelo energicamente per 10 minuti. La reazione è rapidissima: dopo 15' dall'immissione del latte di calce si vede il materiale flocculato granuloso precipitare rapidamente al fondo, lasciando sopra di sé l'acqua chiara. La progressiva chiarificazione dell'acqua viene osservata prelevandone dei campioni dai quattro rubinetti disposti a varie altezze su una delle pareti della vasca.

Dopo circa un'ora la separazione del sedimento è completa e l'acqua si presenta sufficientemente chiara, per quanto ancora debolmente opalescente, nei vari strati e quasi limpida nei più superficiali.

Vuotata la vasca nel pomeriggio (dopo 6 ore dalla esperienza) si nota al fondo uno spesso sedimento di materie di barbabietole e calce.

Lungo la giornata, e per 5 ore, sono prelevati per le prime 3 ore ogni 15 minuti, e per le due seguenti ogni ora, dei campioni di un litro da ciascun rubinetto.

Esperienza n. 2. (14-15 settembre).

Allo scopo di constatare se il grado di temperatura abbia una decisa influenza — come da alcuni è stato preteso — sul fenomeno, si riempie la vasca il giorno 14 per fare la prova il seguente giorno 15.

Al momento della esperienza l'acqua ha la temperatura di 30°, e la sua reazione è debolmente acida per l'incipiente fermentazione.

Mescolata all'acqua la stessa quantità di latte di calce che nella esperienza precedente, non si nota alcuna flocculazione. Evidentemente la calce ha neutralizzata la acidità del liquido, onde si versa un'altra eguale quantità di latte di calce, in seguito di che la flocculazione avviene nel modo già descritto. Egualmente vengono prelevati i campioni dell'acqua chiarificata dai 4 rubinetti.

Si vede adunque che la variazione della temperatura non influisce sul fenomeno: ciò è comprovato anche con le esperienze fatte in laboratorio con acqua a diverse temperature, da 15° a 50°.

Esperienza n. 3. (16 settembre).

La vasca è riempita con acqua del May avente la temperatura di 39° e reazione neutra: ad essa viene mescolato del latte di calce fatto con 30 chili di calce viva (3 gr. per litro) per constatare se si ha un miglioramento negli effetti della reazione. Questa avviene infatti più rapidamente che nelle precedenti esperienze così come più rapido è il progredire della chiarificazione nel liquido.

Sono, come al solito, prelevati i campioni dell'acqua dai rubinetti.

Dai risultati di queste esperienze sembrerebbe consigliabile l'impiego industriale del latte di calce per l'epurazione delle acque di lavorazione delle barbabietole, specialmente partendo dalla quantità di 3 gr. di calce viva per litro d'acqua da trattare, sia per ottenere un effetto più pronto sia per neutralizzare l'eventuale acidità ch'essa potesse acquistare; perchè « al momento » la rapida chiarificazione che se ne ottiene appare realmente soddisfacente.

Riferendoci però al caso che ci occupa, della immissione delle acque residue dello Zuccherificio nel Canale Navile, due gravi difficoltà si oppongono ad esso:

1° Esaminando i campioni d'acqua prelevati durante le esperienze precedenti, ho constatato che l'acqua limpida, o quasi, al momento dell'estrazione, va ben presto intorbidandosi per lasciar deporre poco a poco un sedimento la cui formazione dura per vari giorni. Come si comprende, si ricade nello stesso caso già accennato parlando della epurazione per sedimentazione semplice: nelle 20 ore massime di percorso dallo Zuccherificio al fiume Reno, molta parte delle sostanze che così sedimentano si deporrà al fondo accumulando.

dosi in quei punti del Canale ove specialmente l'acqua si rallenta o viene temporaneamente arrestata per le esigenze dell'irrigazione o della navigazione o delle poche industrie distribuite lungo il Canale che di esse si valgono. Non è quindi escluso che possano rinnovarsi gli inconvenienti ai quali si vuole ovviare.

2° L'alcalinità conferita dalla calce all'acqua (Vedi più oltre) è troppo elevata perchè si possa pensare ad immettere nel Canale Navile, specialmente nella stagione estiva in cui trovasi nella massima magra, 2400 mc. di acqua così fortemente alcalina durante 70 giorni consecutivi. Son troppi noti, perchè debba qui richiamarli, i danni prodotti dall'immissione delle acque industriali ad elevata reazione alcalina nei corsi d'acqua, non ultimo quello di mantenere in esse una reazione nettamente favorevole allo sviluppo e all'azione dei germi saprofiti pei quali, nel Canale, sarebbero intensificati i processi putrefattivi delle sostanze organiche albuminoidi che in quelle acque si trovano sempre in grandi quantità.

Sarebbe quindi necessario procedere alla neutralizzazione della alcalinità di tali acque — o quanto meno alla riduzione di essa — prima di riversarle in Canale, mediante un'ulteriore reazione chimica: in questi casi i reagenti che più vengono consigliati sono il *percloruro* e il *solfato ferroso*.

La quantità occorrente a neutralizzare l'alcalinità di 0.56 $\frac{g}{m}$ (pressa in ossido di calcio) del liquido trattato con la calce e chiarificato è per il percloruro di ferro commerciale di gr. 1.09 per ogni litro: si forma così un precipitato di idrato ferrico il quale sedimenta in meno di un'ora lasciando il liquido perfettamente limpido e neutro. Ma nella pratica industriale questo metodo non è consigliabile perchè molto costoso: dal Dizionario di Merceologia del Villavechia rilevasi infatti che il percloruro ferrico cristallizzato tecnico — quello da me adoperato — ha il prezzo di L. 60-65 per quintale. Per modo che se si dovesse impiegare solamente 1 gr. di esso per litro, e al prezzo di L. 60 al quintale, per ridurre l'alcalinità dei 2400 mc. di acque di lavorazione dello Zuccherificio, dopo trattate con la calce, si avrebbe una spesa giornaliera di L. 1440 per il solo percloruro, e per i 70 giorni della campagna zuccheriera si spenderebbero L. 100.800! Neppure si migliorerebbero gran fatto queste condizioni impiegando, invece del sale solido, la soluzione commerciale a 40° B il cui costo minore (L. 40-45 al quintale) verrebbe controbilanciato dalla maggior quantità di esso occorrente.

Nè è più consigliabile il solfato ferroso, poichè il precipitato di idrato ferroso che si forma è lentissimo a deporsi (fino a 24 ore) onde per il suo impiego dovrebbero impiantarsi dei bacini di sedimentazione di vaste dimensioni in più degli altri apparecchi occorrenti.

Le tabelle seguenti recano, la prima il tenore in sostanze organiche determinato nelle tre esperienze precedenti e l'alcalinità dell'acqua in esse trattata; la seconda il tenore in sostanze organiche nei campioni di acqua chiarificata prelevati durante la terza esperienza e lasciati in riposo. Da notarsi, per questa ultima, che l'acqua al momento del prelevamento (dopo 1 ora) appariva perfettamente limpida: le determinazioni furono fatte ogni volta agitando bene il recipiente, in modo da poter calcolare anche il sedimento che si andava depositando:

I.

Esperienze	Sostanze organiche ‰			Alcalinità ‰ in CaO
	totali	disciolte	sospese	
N. 1				
dopo un'ora	3,55	3,44	0,11	0,32
dopo due ore	3,40	3,30	0,10	»
dopo tre ore	3,32	3,23	0,09	»
N. 2				
dopo due ore	3,05	3,01	0,04	0,56
N. 3				
dopo un'ora	2,97	2,97	traccie	0,63

II.

Esperienza N. 3	Sostanze organiche ‰		
	totali	disciolte	sospese
dopo 12 ore	2,97	2,87	0,10
» 24 »	2,97	2,83	0,14
» 48 »	2,97	2,78	0,19

Concludendo, il trattamento alla calce se può essere vantaggioso per l'epurazione di limitate quantità d'acque residue e specialmente quando possano riversarsi in corsi d'acqua a grande portata ove subiscano una forte diluizione, non è praticamente attuabile per le acque di lavorazione dello Zuccherificio di Bologna, sia per l'ingente massa di esse, sia per la portata del

Canale Navile particolarmente esigua nell'epoca della campagna zuccheriera; ed ancor meno sarebbe da consigliarsi — per le considerazioni già esposte — un trattamento successivo con percloruro ferrico o solfato ferroso, o altre sostanze simili.

Prima di abbandonare questo argomento, dobbiamo osservare come l'impiego della calce formi la base di parecchi processi di epurazione delle acque residue (presse e diffusione) di zuccherificio, alcuni dei quali sono stati brevettati dai loro autori. Fra essi sono da notare quelli che — come i processi di Crahé, di Türrcke, di Reedel, di Vivien, di Pellet ecc. — fanno seguire al trattamento con la calce, la carbonatazione con acido carbonico (applicando così alle acque di rifiuto il metodo che si impiega per i *sughi* della lavorazione della zucchero) allo scopo di ridurre l'alcalinità e di completare la precipitazione. Questi procedimenti — i quali hanno anche in vista di riutilizzare le acque epurate e di recuperare lo zucchero — presentano però generalmente non lievi difficoltà per gli impianti che esigono e per la non assoluta sicurezza di un buono e costante funzionamento, onde il loro uso non si è affatto generalizzato ed anzi alcuni di essi sono rimasti allo stato di esperimento.

Ritenni quindi inutile di volgere le mie ricerche anche per questa via, convinto ch'essa non mi avrebbe condotto alla soluzione del problema quale, nel nostro caso particolare, mi si presentava, come pure d'occuparmi delle recenti applicazioni del processo alla calce fatte da Scheuer e Oleszkiewicz a Bruck a. L. e delle esperienze compiute sul processo di Proskowetz da Herzfeld, perché non sembrano recare molte notizie nuove sull'argomento.

*
* *

Accennerò appena passando ad alcune esperienze da me praticate per epurare le acque residue di lavorazione per mezzo della *elettrolisi*, utilizzando la corrente continua (110 Volts) dello Zuccherificio. Esse furono fatte in un apposito apparecchio di ferro stagnato avente la capacità di un litro, variando la durata dell'azione della corrente da 30 secondi a 10 primi e l'intensità da 4 a 30 Amp. Rilevai così che è possibile impiegando una corrente di 20-30 Amp. — e su una quantità d'un litro d'acqua residua — ottenere la flocculazione completa e un liquido perfettamente e stabilmente limpido con un minuto di esposizione. Disgraziatamente queste cifre ci dicono altresì che il mezzo è impraticabile, dato il colossale consumo di energia elettrica che si richiederebbe.

4. EPURAZIONE BIOLOGICA ARTIFICIALE.

Questo mezzo, che per l'epurazione delle acque di fogna ha dato dei risultati tanto favorevoli da essere oggi giustamente proclamato il migliore di tutti i sistemi, acquistando una rapida e sempre crescente diffusione, non ha corrisposto pienamente alle speranze di coloro che hanno tentato di utilizzarlo anche nell'epurazione delle acque di zuccherificio.

Applicato dapprima integralmente nelle due fasi della fossa settica (*septic tank*) e della successiva filtrazione su letti batterici, tanto a contatto che a percolazione, gli effetti ne furono tutt'altro che incoraggianti. Abolita la fossa settica, « perchè più dannosa che utile per l'assenza quasi totale delle materie azotate e l'estrema abbondanza di materie idrocarbonate la trasformazione delle quali in acido butirrico deve essere evitata con la maggior cura » (Calmette), le acque residue furono condotte direttamente sui campi batterici, multipli a contatto od unico a percolazione. Ma le esperienze ormai numerose fatte con questo sistema non danno ancora affidamento ch'esso possa già entrare nella grande pratica industriale: gli splendidi studi compiuti già da vari anni a Pont-d'Ardres (1901) e a Marquillies (1904-1905) da Calmette e dai suoi collaboratori, non hanno tuttavia portato ad alcun impianto del genere in Francia, ove pure gli zuccherifici sono in grande numero e molti di essi assillati dagli inconvenienti dall'immissione delle acque residue nei corsi d'acqua, e questo ad onta che il Consiglio d'Igiene del Dipartimento del Nord fin dal 1905 abbia emesso il voto di doversi invitare tutti i fabbricanti di zucchero ad applicare il sistema della epurazione biologica nel minor tempo possibile, invito che venne fatto dal Prefetto del Nord con una circolare in data del 17 maggio dello stesso anno.

D'altro canto le esperienze di epurazione biologica fatte nello Zuccherificio di Leopoldsdorf da Kaup e Adam, diedero come risultato un'epurazione mediocre che non giustificava punto la forte spesa d'impianto e d'esercizio. Così pure le esperienze compiute da Anfossi e Rossi nello Zuccherificio di Parma, durante la campagna del 1903, portarono a constatare la necessità d'una grave spesa d'impianto e di manutenzione, mentre « le acque presunte depurate sono, in realtà, ben lungi dall'esserlo, conservando esse l'odore loro caratteristico, al quale si aggiunge quello di idrogeno solforato, e contenendo ancora quantità tali di sostanze organiche da renderne poco consigliabile l'immissione in piccoli corsi d'acqua, *specialmente se soggetti a periodi di gran magra o a ristagni prolungati* ».

Anche in Germania, ove tuttavia sorse per opera di A. Müller il primo impianto di epurazione biologica delle acque di zuccheri-

ficio, essa non ha resistito alla pratica (Schmidtman, Thumm, Reichle); e finalmente lo Stoklahsa, citando un impianto di epurazione biologica fatto in un zuccherificio boemo in cui il funzionamento fu sempre arrestato dal deterioramento del materiale dei letti d'epurazione mentre già dopo tre settimane l'epurazione della sostanza organica era grandemente diminuita, si mostra ben poco favorevole al sistema perchè costoso e di funzionamento assai irregolare.

È quindi da ritenere che attualmente i metodi di epurazione biologica non sieno da consigliarsi per le acque residue di zuccherificio, nè per ragioni tecniche nè per ragioni economiche, di fronte ai meschini risultati e gli insuccessi cui diedero luogo quando ne fu tentata la applicazione industriale.

5. EPURAZIONE BIOLOGICA NATURALE (SPANDIMENTO).

Il sistema d'affidare direttamente ai poteri epuranti del terreno — fisici e bio-chimici — le acque residue di zuccherificio, così come si fa con le acque di fogna, — secondo gli esempi classici dei *champs d'épandage* di Parigi e di Berlino — appare *a priori* debba riuscire pratico e vantaggioso.

Quest'epurazione biologica naturale presenta tuttavia anch'essa delle difficoltà di vario ordine: anzitutto si deve disporre d'una superficie di terreno sufficiente nelle immediate vicinanze dello stabilimento per avere due campi di spandimento da far funzionare alternativamente, essendo necessario di dare ad essi un intervallo di riposo dopo un periodo di lavoro. Si richiede inoltre che il terreno a ciò destinato sia ben permeabile, per ottenere un conveniente smaltimento e sia provveduto di sistemi di drenaggio e scolo: si giudica che un ettaro di terreno di media permeabilità possa smaltire 50 mc. di acqua residua al giorno, per uno strato di 1 metro, mentre si hanno esempi di terreni assai più permeabili che permettono uno smaltimento anche di 180 mc. (Kopidlno, in Russia). È da osservare però che nella maggior parte dei comuni terreni da coltivazione, specie se a zolla dura come prevalgono nella regione Emiliana, ben spesso non si possono raggiungere i 50 mc. ma a mala pena i 30 per ettaro. Altri inconvenienti sono dati dall'accumularsi e dal soggiornare delle schiume alla superficie dei campi, le quali — a meno che non sieno asportate frequentemente con mezzi meccanici — finiranno per sollevare i reclami del vicinato per le loro esalazioni; e talvolta anche dallo infiltrarsi delle acque residue nella falda freatica, specie se superficiale, con evidente pregiudizio dei pozzi che ne sono alimentati, quando per altre ragioni non sieno già inquinati e perciò impotabili. Infine l'acqua che è convogliata dai drenaggi non sempre

è tale da escludere qualsiasi inconveniente, specie per il colore e l'odore, come anche fu constatato da Anfossi e Rossi in un esperimento di *épandage* fatto nei pressi dello Zuccherificio di Parma.

Nelle condizioni in cui trovasi lo Zuccherificio di Bologna, non ritengo consigliabile di adottare un'epurazione delle acque residue di lavorazione mediante il loro spandimento sul terreno vicino. Dovendosi epurare 2400 mc. al giorno di acque, dovrebbero prevedere l'impiego di circa 100 ettari di superficie, quando lo si calcoli capace di smaltire 50 mc. al giorno. Questa cifra appare però troppo elevata perchè il terreno coltivo che circonda lo Zuccherificio è duro e compatto; di più la falda acquea non è profonda, la pendenza per un buon sviluppo dei drenaggi e dei collettori è limitata, onde tutto fa credere che quest'impianto non sarebbe destinato al successo, perchè porterebbe seco inevitabilmente numerosi inconvenienti frustando le forti spese occorrenti per l'impianto e l'esercizio.

* *

Lo Zuccherificio di Bologna, però, può mettersi in grado di smaltire efficacemente le sue acque di rifiuto, utilizzando i vasti ghiaiarili del fiume Reno il quale scorre alla distanza di circa 2 km. A valle del ponte della ferrovia che lo attraversa (V. Tavola IV) il letto si estende per un lunghissimo tratto in una estesa zona di terreno costituito — per uno spessore che supera il metro — di grossa ghiaia commista a sabbia, il quale quindi presenta le migliori garanzie di un rapido, pronto assorbimento dei liquidi che vi si riversino. Ivi lo smaltimento verrebbe favorito, oltre che dall'estrema permeabilità del suolo, dalla continua assolazione e dalla aereazione intensa dovuta alle correnti atmosferiche le quali vi dominano; oltre di che, le acque residue dopo attraversato lo strato del ghiaile troverebbero nella potente falda della corrente sub-alvea una grandissima diluizione che neutralizzerebbe qualsiasi causa di eventuale nocimento da parte di esse.

Infine — vantaggio inestimabile che renderebbe illusoria qualsiasi più audace velleità di lagnanze — il fiume Reno non costeggia per molti chilometri alcun centro abitato di qualche importanza.

Tutte queste condizioni indicano — a mio modo di vedere — ove lo Zuccherificio di Bologna possa trovare una soluzione radicale e definitiva alla questione delle sue acque residue che da tanti anni vien dibattuta.

Avviandole al Reno mediante una conduttura in ghisa, il prezzo d'impianto della quale verrebbe ad usura compensato dalla quasi assoluta mancanza di ulteriori spese d'esercizio — che invece graverebbero in non piccola proporzione sui bilanci annuali, quando si

adottasse uno dei sistemi precedentemente descritti — le acque residue possono venire distribuite lungo la zona prescelta del ghiarile mediante condotti disposti in guisa da potere successivamente riversare la massa d'acqua residua di ciascun giorno in una determinata area corrispondente. Questi « turni di smaltimento », in cui sarebbero divisi, a periodi uguali, i 70 giorni della lavorazione, assicurerebbero, mediante opportuni riposi del terreno filtrante, il perfetto funzionamento dell'epurazione.

Tolte così le acque di lavorazione dal Canale Navile, cesserebbe qualunque ragione ai soliti reclami, poichè al Canale verrebbero restituite solamente le acque di trasporto e lavaggio delle barbabietole le quali — come sappiamo — non sono tali da destare preoccupazioni, una volta liberate per via meccanica dai pochi grossolani detriti di bietola che vi si possano trovare.

Fino a tanto che le acque di lavorazione dello Zuccherificio di Bologna continueranno a riversarsi nel Canale Navile, non sarà mai esclusa la possibilità di lagnanze — anche le meno giustificate — contro di esse, quando pure abbiano subito un trattamento preliminare; poichè le condizioni del Canale renderanno sempre facile l'accusare le dette acque di produrre delle esalazioni incommode, sieno queste dovute realmente alle medesime, sia che vengano confuse con quelle derivanti dalla putrefazione delle svariate altre sostanze organiche trascinata di continuo ed in grande abbondanza dalle acque del Canale.

Sceverare le une dalle altre — noi lo abbiamo veduto — non è certo agevol cosa, onde la questione minaccerebbe di perpetuarsi all'infinito a traverso il rinnovarsi di vicende simili a quelle che ho narrate: per la tranquillità dell'industria, quindi, e nell'interesse generale delle popolazioni è saggio partito preferire, poichè esiste, quel provvedimento che valga a sicuramente definirla una volta per tutte.

Bologna, Novembre 1912.

APPENDICE

Riferisco i metodi seguiti nelle analisi chimiche fatte nel corso delle mie ricerche.

A - ACQUE DEL CANALE NAVILE

Sostanze sospese totali e Sostanze disciolte totali.

Determinazione col metodo diretto, cioè filtrando un litro d'acqua su filtro tarato, essiccando il filtro in stufa a 100° e pesando.

Sostanze sospese e Sostanze disciolte organiche.

Il residuo della determinazione precedente viene calcinato in muffola al rosso-scuro e, dopo raffreddamento, ripreso con qualche c. c. di soluzione di carbonato ammonico. Si svapora lentamente a bagnomaria, si scalda su bagno di sabbia a 150° e si pesa.

Sostanze organiche disciolte.

Si determinano, pure sull'acqua filtrata, col metodo di Kubel col permanganato in soluzione acida e a caldo, titolando per differenza con acido ossalico.

Esprese in ossigeno consumato.

Azoto organico totale.

Metodo di Kjeldahl, operando su 250 c. c. d'acqua. Questi si aggiungono di 5 c. c. di acido solforico, di circa 50 gr. di cloruro ferroso e di circa 50 gr. di bisolfito sodico. Si svapora a fuoco nudo fino al volume di 50 c. c. e si lascia raffreddare. Si aggiungono allora 15 c. c. di acido solforico puro concentrato e si prosegue l'operazione nel modo solito distillando l'ammoniaca e raccogliendola con acido solforico decinormale, l'eccesso del quale si determina con soda decinormale, impiegando come indicatore la tintura di cocciniglia.

Azoto albuminoide.

Metodo di Wanklyn e Chapmann. Da 500 c. c. di acqua alcalinizzata con carbonato sodico, si distillano 50 c. c. di liquido, che si conservano a parte per la determinazione dell'ammoniaca libera e salificata. Si raccolgono poi 150 c. c. di distillato che vengono rigettati.

Il residuo si lascia raffreddare, indi si aggiungono 50 c. c. di soluzione alcalina di permanganato contenente 8 gr. di esso e 200 gr. di potassa caustica per litro; si distilla di nuovo raccogliendo tre volumi di 50 c. c. di liquido nel quale si dosa l'ammoniaca con il reattivo di Nessler: questa esprime l'azoto albuminoide.

Ammoniaca.

Determinazione colorimetrica col metodo di Nessler sui primi 50 c. c. di distillato ottenuti nella precedente operazione, ammettendo — come di consueto — che l'ammoniaca in essi contenuta rpa-

presenti i tre quarti dell'ammoniaca libera e salificata contenuta nell'acqua.

Per controllo si fa il dosaggio anche sulle acque brute (previa precipitazione dei sali alcalino-terrosi e dei solfuri quando presenti).

Si cura in ogni caso di diluire convenientemente i campioni in modo da operare su soluzioni ammoniacali di un tenore vicino ai 2 mmgr. per litro.

Le osservazioni vengono eseguite con soluzioni-tipo nel colori metro Dubosq.

Anidride nitrica.

Metodo di Grandval e Lajoux. In una piccola capsula di porcellana si misurano 10 c. c. di acqua, si precipitano i cloruri con un leggero eccesso di solfato d'argento e si svapora a bagnomaria. Dopo l'essiccamento e il raffreddamento, si aggiunge un c. c. del reattivo solfofenico (15 gr. di acido fenico puro in 185 gr. d'acido solforico concentrato), 5 c. c. d'acqua distillata e 10 c. c. di ammoniaca al terzo, e si porta il volume a 50 c. c.

La colorazione gialla che così si ottiene, paragonata a quella di 10 tubetti contenenti da 1 a 10 mmgr. per litro di anidride nitrica e costituenti una scala colorimetrica preparata in precedenza, permette di stabilire con esattezza la quantità dei nitrati (espressi in anidride nitrica) contenuta nell'acqua.

Anidride nitrosa.

Metodo colorimetrico di Griess all'acido solfanilico ed alfa-naftilammina.

Cloro.

Metodo di Mohr.

B - FANGHI

Sostanze organiche totali.

Si prelevano da ciascun campione varie prove di 10 gr. l'una, che vengono seccate in stufa a 110°, per stabilire l'umidità. I residui secchi vengono poscia mescolati ed accuratamente polverizzati in mortaio di ferro, seccati nuovamente a 110° e conservati in essiccatore. Dalla polvere secca così ottenuta, 2 gr. vengono calcinati in capsula di platino, entro una muffola, al rosso-scuro, il residuo umettato con soluzione di carbonato ammonico e calcinato di nuovo su bagno di sabbia a 150°, indi pesato.

La perdita di peso viene considerata come esprime la sostanza organica.

C - ACQUE RESIDUE DELLO ZUCCHERIFICIO

Sostanze organiche totali.

Si evaporano in capsula di platino 100 c. c. di acqua, agitando bene la bottiglia prima del prelevamento di essi, in modo che sieno

trascinate anche le sostanze sospese. Si secca in stufa a 110° e si pesa; si procede quindi alla calcinazione nel modo già descritto, e si considera la perdita di peso risultante come corrispondente alla sostanza organica totale.

Sostanze organiche sospese.

Nelle acque di lavaggio delle bietole e in alcune acque di diffusione, la determinazione si poté eseguire per filtrazione col metodo diretto: in quelle di pressa e del May, invece, si ricorse al metodo indiretto, giacché la filtrazione di grandi quantità di tali acque, in causa delle sostanze colloidali che intasavano subito il filtro, sarebbe stata interminabile. Si limitava perciò la filtrazione a 100 c. c. di acqua che venivano evaporati a bagnomaria nello stesso tempo che si eseguiva la determinazione delle sostanze organiche totali. Si operava quindi, come si è detto sopra, e la differenza fra i risultati ottenuti veniva considerata come dovuta alle sostanze sospese.

Sostanze organiche disciolte.

Metodo della calcinazione sopra descritto.

Non apparve consigliabile l'impiego del metodo di Kubel al permanganato, data la grande quantità di sostanze disciolte, il quale non dava buoni risultati neppure se le acque venivano diluite.

Acidità.

Determinata con soluzione di soda caustica decinormale, alla tocca con cartina di tornasole neutra.

Calcolata in acido solforico.

Alcalinità.

Determinata con soluzione decinormale di acido solforico.

Calcolata in ossido di calcio.

BIBLIOGRAFIA

- Anfossi e Rossi. Sulla depurazione delle acque di rifiuto degli Zuccherifici. *Atti del VI Congresso internazionale di Chimica applicata*, Roma 1906. Vol. 3, p. 780.
- Battut. *La Sucrierie Belge*. Citato in Anfossi e Rossi.
- Calmette. Recherches sur l'Euration biologique et chimique des Eaux d'égout. *Paris, Masson édit.*, 1905-1912.
- Cozza e Grillo della Berta. Laghi, Fiumi, e Canali navigabili d'Italia. *Monografia edita a cura del Ministero dei Lavori Pubblici*, 1905.
- Crahè. Citato in Pellet, p. 63.
- Divis. *Zeitschr. f. Zuckerindustrie in Böhmen*. Citato in Anfossi e Rossi.
- Freese. *Die Deutsch. Zuckerindustrie*. Aprile 1909, p. 313, e *Wasser und Abwasser*. Vol. 2, n. 4, p. 166.
- Herzfeld, Brüggemann, Ahlers. Versuche über die Wirkung des Kalkes bei der Abwässerreinigung mit und ohne Vergärung. *Zeitschr. Vereins deutsch. Zucker-Ind.*, 1905. (N. F.) pp. 42, 169, 176.
- Holschewnikoff. *Annales de Micrographie*, 1888, I, p. 257. Citato in Miquel, p. 617.
- Hoyermann-Wellensiek. *Die deutsch. Zuckerindustrie*, 1910.
- Kaup e Adam. Die Reinigung der gefährlichen Abwässer einer Zuckerfabrik auf biologischem Wege. *Oesterr.-Ung. Zeitschr. f. Zuckerind. u. Landwirts.* 1905, p. 567-598.
- Liesenbergl. *La Sucrierie Indigène et Coloniale*, 58, p. 647.
- Miller. *Deutsche med. Wochenschrift*, 1885. p. 138. Citato in Miquel, p. 617.
- Miquel e Gambier. *Traité de Bacteriologie pure et appliquée*. 1902.
- Muller. *Berliner Klin. Wochenschrift*, 1887, n. 23. Citato in Miquel, p. 617.
- Osservatorio della R. Università di Bologna. Osservazioni fatte durante gli anni 1899-1912.
- Pellet. *Euration des eaux résiduaires de la sucrierie*. Valenciennes, 1908.
- Popoff e Hoppe-Seyler. Citati in Miquel, p. 618.
- Reedel. Citato in Pellet, p. 65.
- Ruata. Il Canale di Reno ed i suoi Inquinamenti. *Rivista Tecnica Emiliana*, 1903, n. 4-6.
- Rubner-Gruber-Ficker. *Handbuch der Hygiene*. II Bd., 2 Abt. 1911; *Beseitigung der Abwässer und ihres Schlammes*, von A. Schmidtman, K. Thumm und C. Reichle.
- Sacentic. Alfonso. Campione delle Utenze del Canale Navile di Bologna, compilato negli anni 1907-1908 d'ordine della R. Prefettura. Bologna, 1909.

- Scheuer e Oleszkiewicz. Abwässerungsverfahren unter Sonderung in mech. u. chem. verunreinigte Wässer. *Oesterr.-Ung. Zeitschr. f. Zuckerind. u. Landwirts.*, 1911, 40, 723-725.
- Società Italiana per la Industria dello Zucchero Indigeno. Depurazione delle acque di scarico dello Zuccherificio di Bologna, 1909.
- Stagnitta-Balestrieri. *Archiv. für Hygiene*, 1893, 16, p. 10. Citato in Miquel, p. 617.
- Stohmann e Rümpler. *Manuale per la fabbricazione dello zucchero*. Torino 1902. Trad. it. di C. Neppi.
- Stoklahsa. Parere sul progetto delle acque di rifiuto dello Zuccherificio di Lendinara.
- Strassmann e Strecker. *Zeitschr. f. Medicinalbeamte*, 1888. n. 3. Citato in Miquel, p. 617.
- Türcke. Citato in Pellet, p. 65.
- Villavecchia. Dizionario di Merceologia e di Chimica applicata. Milano, Hoepli, 1911-1913.
- Vivien. Citato in Pellet, p. 67.
- Zaniboni dott. Ulisse. Sull'inquinamento delle acque del Canale Navile. *Relazione al Municipio di Malalbergo*, 1904. (Ristampata nel 1910).
-

INDICE

Capitolo I — Introduzione	pag. 3
» II — La storia della questione	» 5
» III — Il Canale Navile	» 17
» IV — Le Acque residue dello Zuccherificio	» 21
» V — Ricerche sugli Inquinamenti	» 25
» VI — I Rimedi	» 64
Appendice (Metodi d'analisi)	» 86
Bibliografia	» 89

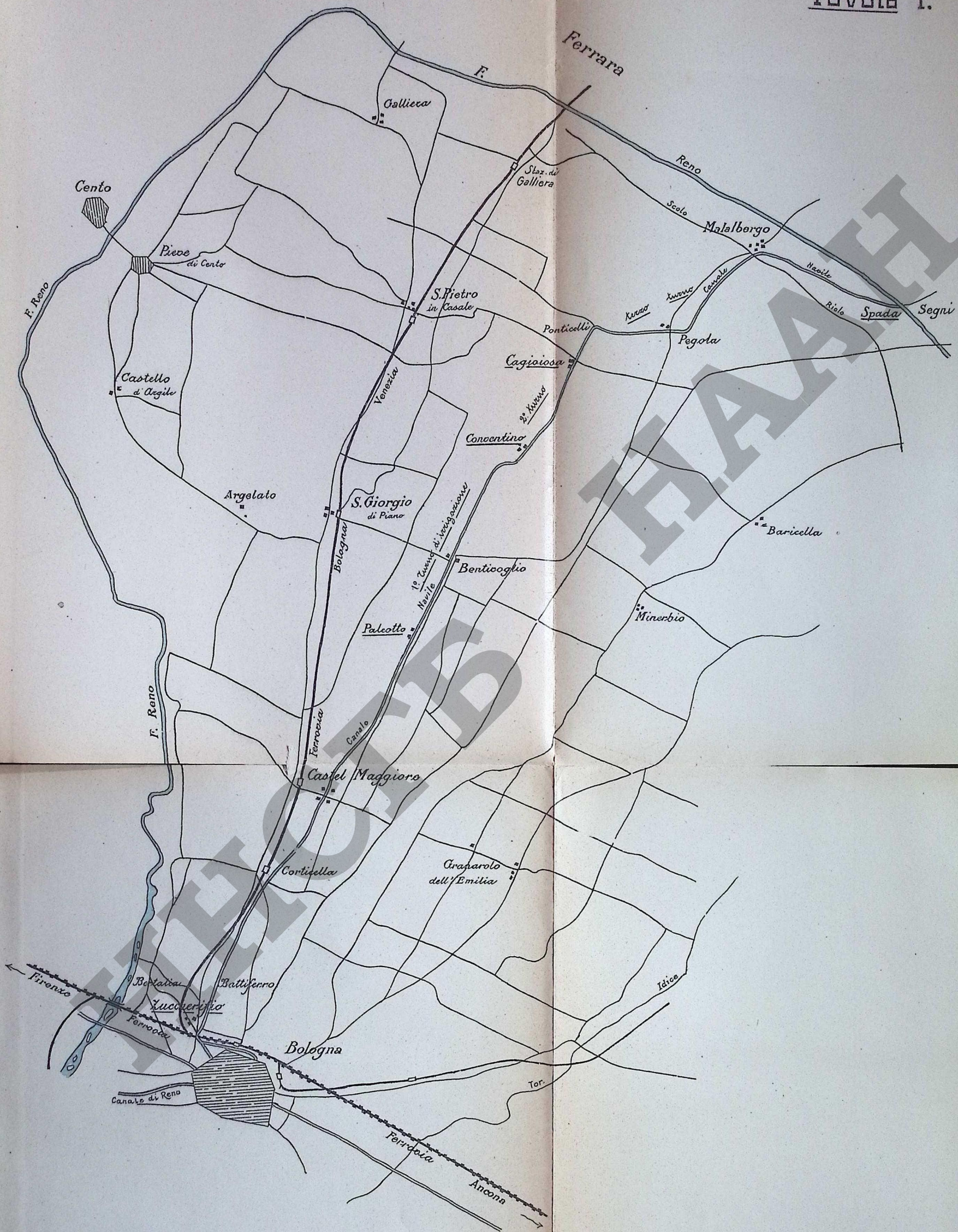
TAVOLE

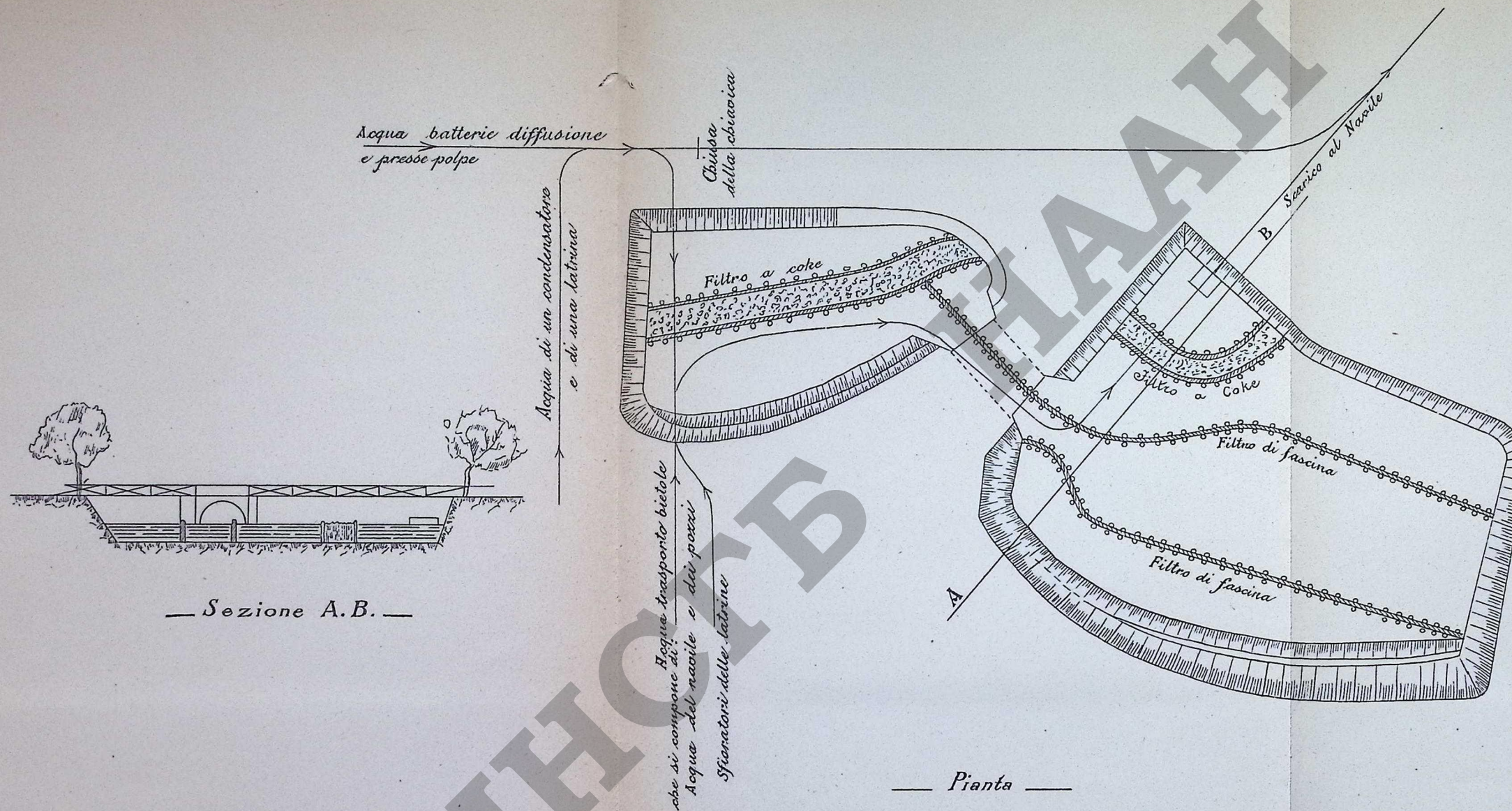
- I — Il Canale Navile.
- II — Bacini di decantazione delle acque di rifiuto dello Zuccherificio.
- III — Bacino in cemento per esperienze.
- IV — Il fiume Reno presso il Ponte della Ferrovia. Bologna.



IL CANALE NAVILE

Tavola I.



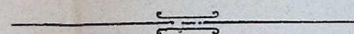


BACINI DI DECANTAZIONE DELLE ACQUE DI RIFIUTO

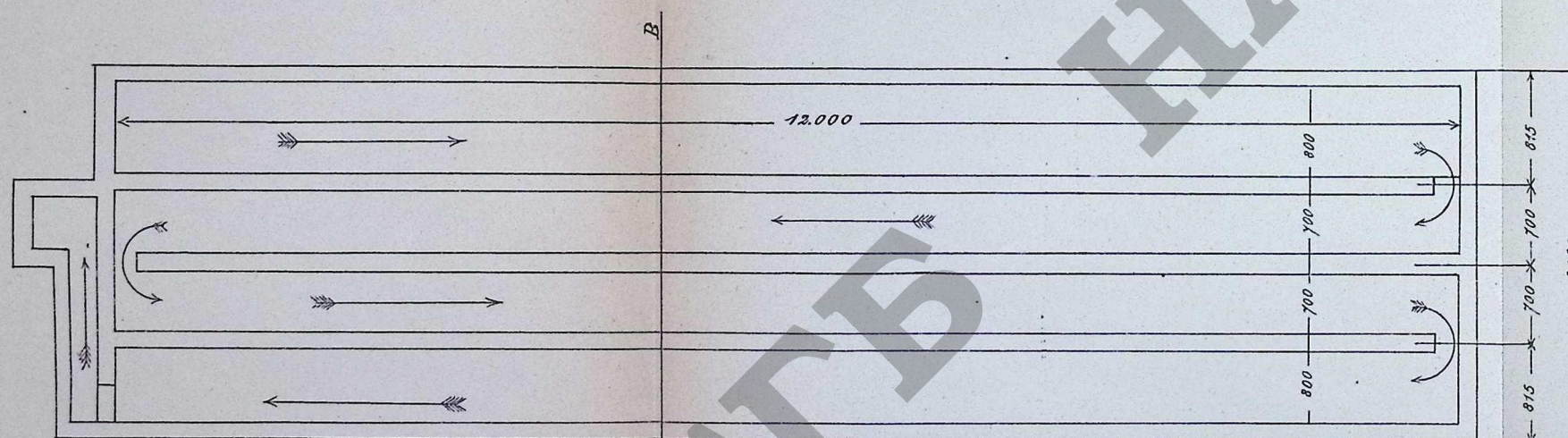
— Scala 1:500 —

RUATA Il Canale Navile e le acque residue dello Zuccherificio di Bologna

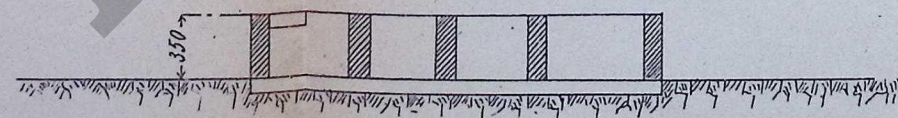
— BACINO IN CEMENTO —



— Pianta —

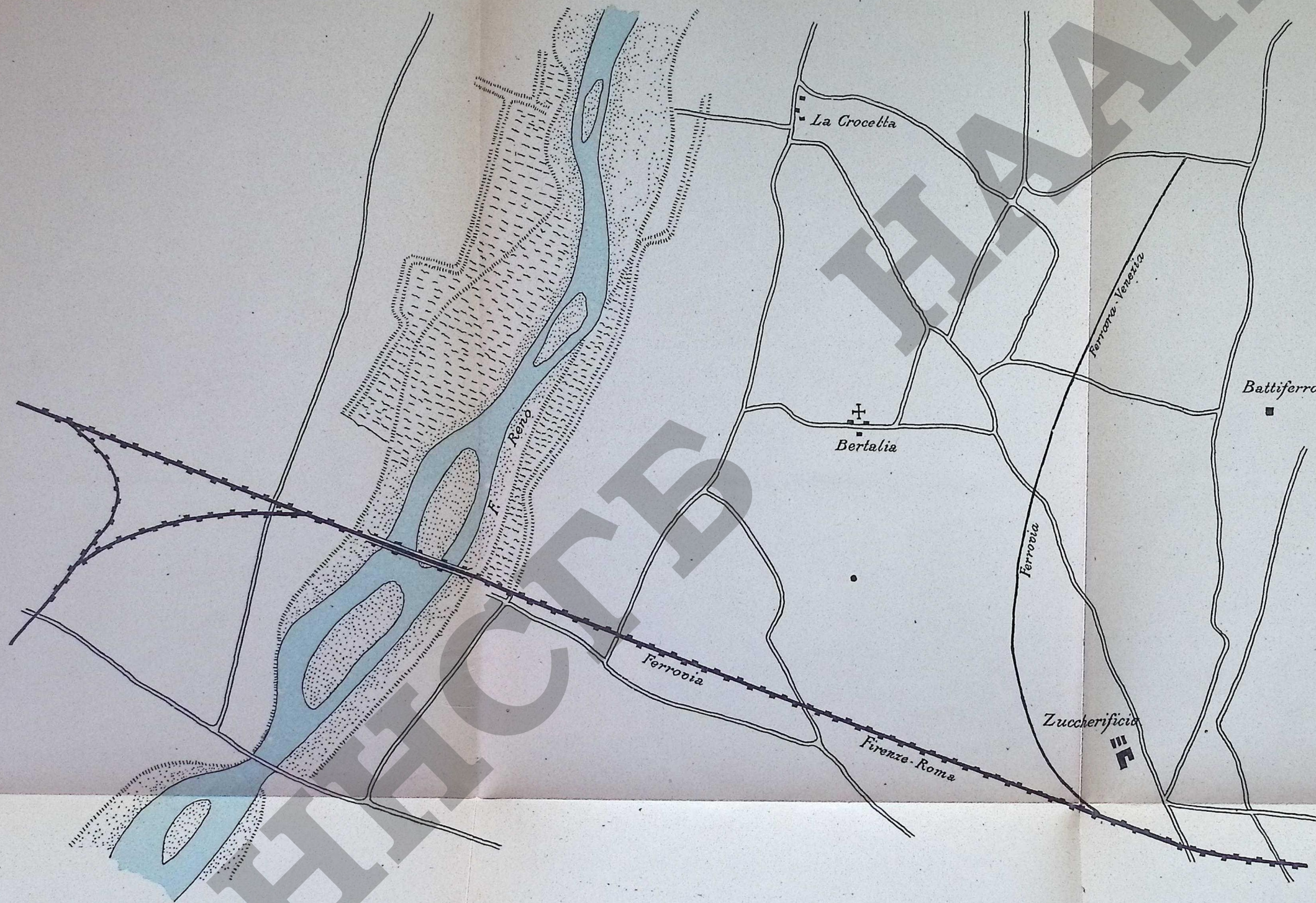


— Sezione AB —



— IL FIUME RENO presso il ponte della ferrovia Bologna —

Tavola IV.



Scala di 1 a 12.500

RUATA Il Canale Navile e le acque residue dello Zuccherificio di Bologna