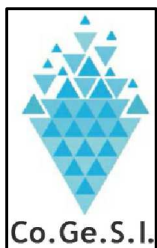


UFFICIO TECNICO
COMUNE DI MONTICELLO_D'ALBA(CN)


SOCIETÀ' INTERCOMUNALE SERVIZI IDRICI S.r.l.



SOCIETÀ' INTERCOMUNALE SERVIZI IDRICI S.r.l.
 P.zza Risorgimento, 1 - 12051 ALBA (CN)
 tel. +39 0173.440366 - fax: +39 0173.293467
 Impianto di depurazione Via Tanaro, 77 - 12040 GOVONE (CN)
 tel. +39 0173.58494 - fax: +39 0173.58533
 Impianto di depurazione Loc. Bauda, 43 SANTO STEFANO
 BELBO (CN)
[http: www.sisiacque.it](http://www.sisiacque.it)

DESCRIZIONE

**Lavori Civili di Realizzazione condotta fognaria e contestuale
 dismissione dell'impianto minore di depurazione sito in Loc.
 Surie nel Comune di Monticello d'Alba (CN).**

PROGETTO DEFINITIVO- ESECUTIVO


ELABORATO

RELAZIONE IMPIANTO ELETTRICO

2.9

RELEASE 00 PRIMA EMISSIONE

PROGETTAZIONE


SOCIETÀ' INTERCOMUNALE SERVIZI IDRICI S.r.l.

UFFICIO TECNICO SISI Srl

REDAZIONE PRATICA:

 Ing. Alessio ROSSANO
 SISI Srl

LIVELLO PROG.
STATO
LUOGO E DATA

DEF-ESECUTIVO

EMISSIONE PER CONSEGNA

ALBA (CN), 28/08/2020



SOCIETÀ INTERCOMUNALE SERVIZI IDRICI S.r.l.

**LAVORI CIVILI DI REALIZZAZIONE CONDOTTA
FOGNARIA E CONTESTUALE DISMISSIONE
DELL'IMPIANTO MINORE DI DEPURAZIONE SITO IN
LOC. SURIE NEL COMUNE DI MONTICELLO D'ALBA (CN)**

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

RELAZIONE IMPIANTO ELETTRICO

Alba, lì 28/08/2020

A cura di
Ufficio Tecnico SISI Srl
Govone- Fraz. Canove-
Via Tanaro 77
TEL: 0173-58494
@: impianto@sisiacque.it

IL TECNICO INCARICATO
Ing. Alessio ROSSANO

Società Intercomunale
Servizi Idrici Srl

Sommario

NORME DI RIFERIMENTO	4
STATO DI PROGETTO.....	5
ALIMENTAZIONE E DATI GENERALI.....	6
DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO ELETTRICO.....	7
Descrizione della configurazione della distribuzione dell'energia elettrica all'interno dell'impianto	7
Descrizione dell'alimentazione delle nuove opere elettromeccaniche	8
Criteri di dimensionamento.....	8
Cenni teorici sul dimensionamento dei cavi	8
Portata del cavo.....	9
Caduta di tensione.....	10
Protezione contro i corto circuiti (CEI 64.8/4 - 434.3). Valore massimo di energia specifica passante per il cavo.....	11
Sovraccarico (CEI 64.8/4-433.2)	12
Formule utilizzate per il calcolo delle correnti di cortocircuito.....	13
Protezione dai contatti diretti	15
Protezione dai contatti indiretti (CEI 64.8 / 413.1.3.3 / 413.1.4.2 /413.1.5.3 / 413.1.5.5 / 413.1.5.6)	16
Dimensionamento dell'impianto elettrico.....	18
Caratteristiche dei quadri elettrici	19
Protezione dell'impianto elettrico	19
Automazione delle pompe	20
Impianto di terra.....	21
Dimensionamento PE.....	21
La dispersione della corrente nel terreno	21
La resistività del terreno.....	22
L'influenza reciproca.....	22
Calcolo preliminare della resistenza di terra	23
Contributo del dispersore orizzontale	23
Contributo del dispersore verticale	23
Valore della resistenza totale dell'impianto di terra	24
Impianto di messa a terra	24
Conduttori di protezione [PE]	26
Collegamenti equipotenziali	27
Giunzioni e connessioni	27
Il conduttore di terra.....	28
Il dispersore.....	29
Collegamento delle masse al PE	29

Collegamento a terra delle masse estranee	30
Collegamenti a terra delle parti di un quadro.....	31
Apparecchiature collegate a terra.....	31

NORME DI RIFERIMENTO

La progettazione e la realizzazione degli interventi in questione devono essere realizzati a regola d'arte come prescritto dalla Legge 186 del 1 Marzo 1968.

Le caratteristiche degli impianti e dei loro componenti devono corrispondere alle norme di Legge e di regolamento vigenti. Qualora alcune prescrizioni contenute del citato decreto siano in contrasto o superate dalla Normativa CEI in vigore, si seguiranno le indicazioni delle norme CEI in quanto ad esse la Legge 186/68 attribuisce lo status di regola dell'arte.

In particolare, la redazione del progetto avverrà in accordo delle seguenti Norme e Leggi:

- Norma CEI 64-8 “Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua”
- Norma CEI 0-2 “Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici”
- Norma CEI 99-2 “Prescrizioni comuni per la progettazione e costruzione di impianti elettrici con tensione superiore a 1 KW in corrente alternata”
- Norma CEI 99-3 “Prescrizioni per la progettazione e costruzione di sistemi di messa a terra di impianti elettrici con tensione nominale superiore a 1 KW in corrente alternata”
- Norme CEI 17-113, CEI 17-114 “Prescrizioni di riferimento per i quadri elettrici di bassa tensione”
- Legge 791/77 “Attuazione della direttiva CEE relativa alle garanzie di sicurezza che devono possedere il materiale elettrico” e s.m.i.
- Decreto Ministeriale n° 37 del 22 gennaio 2008 “Norme per la sicurezza degli impianti” e successiva integrazione del 19 maggio 2010.
- Testo unico sulla sicurezza D.Lgs. 81/08 e s.m.i.

STATO DI PROGETTO

Il progetto prevede la realizzazione di una nuova stazione di sollevamento dei reflui in località Surie nel Comune di Monticello d'Alba che sostituirà il funzionamento dell'attuale fossa imhoff.

Si prevedono quindi i seguenti interventi:

- Realizzazione, da parte dell'ente distributore, del punto di consegna dell'energia elettrica a circa m. 50 dalla stazione; SISI Srl realizzerà cavidotto BT dal punto di consegna ENEL sino nelle immediate adiacenze dell'impianto di sollevamento laddove verrà realizzato il Quadro Elettrico;
- Realizzazione di un quadro elettrico per l'alimentazione, l'automazione e la protezione delle pompe previste;
- Realizzazione di impianto di messa a terra delle masse.

Prima della messa in servizio dell'impianto, si dovranno effettuare le verifiche seguenti:

- Controllo dei collegamenti dei cavi di potenza, degli ausiliari e dei cavi di segnale;
- Controllo della presenza di tutte le targhette;
- Controllo a vista della corrispondenza delle fasi o delle polarità dei circuiti di potenza e del corretto collegamento dei motori rispetto alla sequenza di morsetto;
- Controllo del serraggio dei morsetti;
- Misura di isolamento verso terra di tutti i conduttori dei circuiti di potenza, dei circuiti ausiliari e di segnale mediante gli opportuni strumenti;
- Controllo della continuità dei collegamenti di messa a terra per le protezioni delle apparecchiature elettriche e non.

Al fine di garantire un impianto perfettamente funzionante, si dovranno eseguire le seguenti prove funzionali:

- Prove di funzionamento elettromeccanico di tutte le utenze collegate al Quadro generale di distribuzione o allo specifico quadro locale;
- Prove funzionali dei dispositivi ausiliari elettrici, timer, sicurezze, finecorsa, ecc connessi alle utenze;

- Verifica funzionale degli interruttori differenziali;
- Prove di verifica della corretta messa a terra delle apparecchiature;

Il quadro elettrico verrà installato nei pressi della stazione di sollevamento; su un basamento in calcestruzzo con arrivo cavi da cavidotti interrati dal basso, si provvederà al fissaggio di un armadio stradale in poliestere dimensioni indicative L800xH1800xP400 mm.

ALIMENTAZIONE E DATI GENERALI

Verranno compiute tutte le operazioni atte a installare le due elettropompe trituratrici di tipo MP 3102.170 HT 261 (di cui una avente funzione esclusivamente di riserva, potenza nominale cadauna 4,4 KW). A tale scopo verranno installate le guide metalliche, piedi di accoppiamento, ecc.

Verranno installate due pompe sommergibili trituratrici per acque reflue con installazione semifissa in immersione, del tipo Flygt MP 3102.170 HT 261 con le seguenti caratteristiche:

- Portata : 4,2 l/s;
- Prevalenza : 31 m;
- Pot. Nom. 4,4 kW - 400 Volt -50 Hz - 3 fasi con mt. 10 di cavo SUBCAB sez. 4G1,5+2x1,5;
- Mandata corpo pompa : 50 mm.;
- Predisposta per valvola di flussaggio;
- Sezione Materiali:
- Fusione principale: Ghisa grigia;
- Albero: Acciaio inox AISI 431;
- Girante: Ghisa;
- Tenute meccaniche:
- interna: ceramica;
- esterna: carburo tungsteno / ceramica;
- Finitura: verniciatura std. Flygt;

Complete di :

- piede di accoppiamento;
- attacco guida superiore in acciaio inox per tubo guida da 3/4";

DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO ELETTRICO

Descrizione della configurazione della distribuzione dell'energia elettrica all'interno dell'impianto

Le linee elettriche in bassa tensione hanno tutte origine presso il quadro generale e si diramano nell'area dell'impianto per raggiungere le pompe installate all'interno della vasca di raccolta dei reflui. Il quadro elettrico previsto avrà la funzione di alimentare, proteggere, sezionare e automatizzare il funzionamento delle pompe.

Segue la descrizione delle sezioni di impianto previsti:

- **Distribuzione:** la sezione di distribuzione svolge il compito di fornire l'energia elettrica a tutte le macchine installate e di proteggere le linee utilizzate a tale scopo. Oltre alle linee, questa sezione comprende anche i quadri di distribuzione (es. Quadro generale);
- **Automazione:** la sezione di automazione è composta dai quadri installati sul campo o a bordo macchina. I quadri di automazione vengono talvolta forniti insieme alle macchine installate presso i vari comparti. Laddove venga meno questa affermazione, si provvederà alla progettazione del quadro. La sezione di automazione è sempre divisa in due circuiti:
 - **Circuito di potenza:** quella parte del circuito che alimenta e protegge le apparecchiature poste all'interno del quadro e le macchine ad esso asservite. Il circuito di potenza è composto da interruttori automatici, fusibili, sezionatori e contattori;
 - **Circuito di comando:** circuito che regola l'automazione delle macchine mediante relè, temporizzatori o eventuali controllori logici programmabili.

Descrizione dell'alimentazione delle nuove opere elettromeccaniche

Le nuove opere elettromeccaniche previste verranno alimentate mediante linee trifase con conduttore di protezione o linee monofase con conduttore di protezione, a seconda della natura e delle caratteristiche delle utenze da alimentare. La sezione dei cavi sarà determinata in base al tipo di carico da alimentare e alle sue caratteristiche nominali.

Criteri di dimensionamento

Cenni teorici sul dimensionamento dei cavi

La scelta della sezione dei cavi deve tenere conto di due condizioni: il cavo deve avere una portata sufficiente a sopportare la corrente d'impiego della macchina senza danneggiarsi a causa della temperatura raggiunta e l'impedenza del cavo deve essere tale da garantire una caduta di tensione lungo la linea minore o uguale a quella ammissibile.

Per la determinazione della corrente di impiego I_b si utilizzano le seguenti formule:

- per carico trifase $I_b = P_c / (1,732 * V_n * \cos\phi_t)$
- per carico monofase $I_b = P_c / (V_n * \cos\phi_t)$
- per carico trifase $I_b = P_c / (1,732 * \cos\phi_t)$
- per carico monofase $I_b = S_c / V_n$

Dove:

- V_n = tensione nominale [V]
- P_c = potenza attiva convenzionale [W]
- S_c = potenza apparente convenzionale [VA]
- $\cos\phi_t$ = fattore di potenza totale della linea

La potenza attiva convenzionale si determina mediante la formula

$$P_c = \sum P * K_u * K_c$$

Dove:

- $\sum P$ è la somma di tutte le potenze attive assorbite dalle macchine alimentate dalla stessa linea;
- k_u = fattore di utilizzazione delle macchine
- k_c = fattore di contemporaneità delle macchine

La potenza apparente convenzionale deriva dalla formula:

$$S_c = (P_c^2 + Q_c^2)^{0,5}$$

Dove Q_c rappresenta la somma di tutte le potenze reattive richieste dai carichi moltiplicata per i parametri k_u e k_c di cui sopra.

Portata del cavo

La portata del cavo nelle reali condizioni di funzionamento I_z dovrà soddisfare la relazione

$$I_b \leq I_z$$

La portata del cavo I_z dipende dalla sezione del conduttore preso in considerazione, dal tipo di isolante e dall'influenza di eventuali sovratemperature dovute agli effetti di circuiti adiacenti e della temperatura ambiente stessa. Si determina mediante la formula:

$$I_z = I_0 * k_1 * k_2 * k_3 * k_4$$

Dove:

- I_0 = portata del cavo riportata dalla norma CEI-UNEL 35024/1
- k_1 = fattore di correzione per temperature diverse da quelle previste (30°C per la posa in aria – 20°C per la posa interrata)

- k_2 = fattore di correzione che tiene conto degli effetti dei circuiti installati nelle vicinanze
- k_3 = fattore da applicare in caso di posa interrata ad una profondità diversa da 0,8 m
- k_4 = fattore di correzione che tiene conto della resistività termica del terreno

In caso di posa in aria, i fattori 3 e 4 non vengono presi in considerazione.

Caduta di tensione

Come già accennato, l'impedenza del cavo comporta una caduta di tensione registrabile ai capi del carico che la linea andrà ad alimentare. Affinché i carichi possano continuare a lavorare senza problemi, la caduta di tensione totale per ogni carico dovrà essere minore del 4% della tensione nominale del sistema di distribuzione. Seguono le formule utilizzate per la determinazione della caduta di tensione percentuale:

$$\Delta V_{\%} = 100 \cdot 2 \cdot I_b \cdot (R_l \cdot \cos\varphi_t + X_l \cdot \sin\varphi_t) / V_n \text{ per linee monofase}$$

$$\Delta V_{\%} = 100 \cdot 1,732 \cdot I_b \cdot (R_l \cdot \cos\varphi_t + X_l \cdot \sin\varphi_t) / V_n \text{ per linee trifase}$$

Dove:

- R_l = resistenza della linea
- X_l = reattanza (induttiva) di linea
- $\cos\varphi_t$ = fattore di potenza del carico
- $\sin\varphi_t = \sin(\arccos(\cos\varphi_t))$
- V_n = tensione nominale della linea in considerazione (230 V per linea monofase, 400 per linea trifase)

Dato che le macchine o i quadri da alimentare sono situati nelle vicinanze del quadro elettrico generale dell'impianto, il calcolo della caduta di tensione verrà effettuato esclusivamente per verificare l'idoneità del cavo scelto.

Protezione contro i corto circuiti (CEI 64.8/4 - 434.3). Valore massimo di energia specifica passante per il cavo

Affinché una linea risulti essere protetta dal cortocircuito è necessario verificare che l'energia lasciata passare dall'interruttore durante il suo tempo di intervento sia minore dell'energia massima sopportabile dal cavo.

L'energia specifica passante dipende dall'intensità della corrente di corto circuito sulla linea e dal tempo in cui permane, dipendente dalla taratura delle protezioni coordinate ad un determinato conduttore.

Il cavo si considererà protetto quando risultano essere verificate le seguenti disequazioni:

$$\int_0^{t_i} I^2 dt \leq K^2 * S^2$$
$$I^2 * t \leq K^2 * S^2$$
$$I_{ccMax} \leq p.d.i.$$

Dove:

- I_{ccMax} = Corrente di corto circuito massima
- p.d.i.= Potere di interruzione apparecchiatura di protezione
- $I^2 * t$ = Energia specifica passante per la durata di corto circuito (A^2/mm^2)
- I = Corrente effettiva in caso di guasto
- t = Tempo di intervento delle protezioni
- K = Coefficiente secondo CEI 64-8 434.3.2 (rame isolati in PVC 115, rame isolati XLPE-EPR 143)
- S = sezione dei conduttori in mm^2

La determinazione della corrente di corto circuito tiene conto della potenza presunta di corto circuito nella rete d'alimentazione, dell'impedenza dei trasformatori e dell'impedenza della linea.

La valutazione della corrente di corto circuito va quindi compiuta per le situazioni estreme, corrispondenti rispettivamente al calcolo della corrente di corto circuito massima nel punto d'origine d'ogni conduttura e quella minima al suo termine (in

corrispondenza dei morsetti di collegamento al successivo elemento della rete o dei morsetti di collegamento al carico).

La corrente di corto circuito massima in un sistema trifase si ha per corto circuito trifase nel punto d'origine della conduttura; la sua conoscenza è indispensabile per stabilire il potere di interruzione del dispositivo di protezione. La corrente di corto circuito minima si ha per guasto fase-fase o fase-neutro (se il neutro è distribuito) o per guasto fase-massa nel punto della conduttura più lontano dall'origine: la sua conoscenza è richiesta per la verifica del corretto intervento delle protezioni in corrispondenza di tali valori di corrente.

Si considerano quindi i seguenti guasti:

- corrente di corto circuito massima;
- corrente di corto circuito massima fase-neutro o fase-fase (se il neutro non è distribuito);
- corrente di corto circuito minima fase-neutro o fase-fase (se il neutro non è distribuito);
- corrente di corto circuito massima fase-conduttore di protezione (solo nel caso di sistema TN);
- corrente di corto circuito minima fase-conduttore di protezione (solo nel caso di sistema TN).

Laddove si utilizzi un solo dispositivo per la protezione dalle sovracorrenti di qualsiasi natura, la relazione indicata sopra è sempre verificata.

Sovraccarico (CEI 64.8/4-433.2)

Per le condizioni di sovraccarico dobbiamo rispettare le seguenti relazioni:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1,45 I_z$$

Dove:

- I_b = Corrente di impiego del circuito
- I_z = Portata in regime permanente della conduttura nelle reali condizioni di funzionamento
- I_n = Corrente nominale del dispositivo di protezione (per i dispositivi regolabili è la corrente di regolazione scelta)
- I_f = Corrente che assicura l'effettivo intervento del dispositivo di protezione.

Formule utilizzate per il calcolo delle correnti di cortocircuito

Come accennato precedentemente, in un sistema di distribuzione trifase esistono tre tipi di correnti di cortocircuito. Seguono le formule utilizzate per determinare la loro intensità:

$$I_{cc} = V * C / (K * Z_{cc})$$

Dove:

- V = tensione nominale concatenata
- C = fattore di tensione
- k = coefficiente di correzione
- Z_{cc} = impedenza equivalente di cortocircuito

A seconda di quale corrente si deve determinare, all'interno della relazione indicata sopra si dovranno sostituire i seguenti parametri:

Cortocircuito Trifase:

$$K = 1,732$$

$$Z_{cc} = [(R_{rete} + \sum R_{fase})^2 + (X_{rete} + \sum X_{fase})^2]^{0,5}$$

Corto Circuito fase-fase:

$$K = 2$$

$$Z_{cc}=[(R_{rete}+\sum R_{fase})^2+(X_{rete}+\sum X_{fase})^2]^{0,5}$$

Corto Circuito fase- neutro

$$K=1,732$$

$$Z_{cc}=[(R_{rete}+\sum R_{fase}+\sum R_{neutro})^2+(X_{rete}+\sum X_{fase}+\sum X_{neutro})^2]^{0,5}$$

Corto Circuito fase-conduttore di protezione

$$K=1,732$$

$$Z_{cc}=[(R_{rete}+\sum R_{fase}+\sum R_{protezione})^2+(X_{rete}+\sum X_{fase}+\sum X_{protezione})^2]^{0,5}$$

Il fattore di tensione e la resistenza dei cavi assumono valori differenti secondo la corrente di cortocircuito calcolata. I valori assegnati sono riportati nella tabella seguente:

	I_{cc max}	I_{cc min}
C	1	0,95
R	R _{20°C}	$R=[1+0.004/^{\circ}C*(t-20^{\circ}C)]*R_{20^{\circ}C}$

dove R_{20°C} la è la resistenza del cavo a 20 °C e “t” è la temperatura impostata dall’utente nella impostazione dei parametri per il calcolo.

Il valore della R_{20°C} viene riportato nella tabella “Resistenze e Reattanze” riportata di seguito.

Tabella delle resistenze e delle reattanze dei cavi elettrici secondo la tabella UNEL 35023-70 (a 20°C).

Sezione in mm ²	Cavi unipolari		Cavi multipolari	
	R20°C	X	R20°C	X
	mΩ/m	mΩ/m	mΩ/m	mΩ/m
1	17,82	0,176	18,14	0,125
1,5	11,93	0,168	12,17	0,118
2,5	7,18	0,155	7,32	0,109
4	4,49	0,143	4,58	0,101
6	2,99	0,135	3,04	0,0955
10	1,80	0,119	1,83	0,0861
16	1,137	0,112	1,15	0,0817
25	0,717	0,106	0,731	0,0813
35	0,517	0,101	0,527	0,0783
50	0,381	0,101	0,389	0,0779
70	0,264	0,0965	0,269	0,0751
95	0,190	0,0975	0,194	0,0762
120	0,152	0,0939	0,154	0,0740
150	0,123	0,0928	0,126	0,0745
185	0,0992	0,0908	0,100	0,0742
240	0,0760	0,0902	0,0779	0,0752
300	0,0614	0,0895	0,0629	0,0750
400	0,0489	0,0876	0,0504	0,0742
500	0,0400	0,0867	0,0413	0,0744
630	0,0324	0,0865	0,0336	0,0749

N.B: Le resistenze e le reattanze per i cavi multipolari sono utilizzate per l'eventuale cavo di collegamento tra il trasformatore e il quadro generale di bassa tensione.

Protezione dai contatti diretti

La protezione dai contatti diretti sarà attuata tramite l'isolamento delle parti attive con ricoperture isolanti, ponendo gli elementi entro involucri apribili solamente mediante attrezzo o in zone difficilmente accessibili.

Tutte le operazioni di manutenzione riguardanti l'impianto elettrico devono essere effettuate togliendo tensione alla sezione di impianto interessata e impedendo il riallacciamento mediante opportuno blocco a chiave.

Protezione dai contatti indiretti (CEI 64.8 / 413.1.3.3 / 413.1.4.2 /413.1.5.3 / 413.1.5.5 / 413.1.5.6)

La protezione dai contatti indiretti è realizzata mediante la messa a terra delle masse presenti all'interno dell'impianto e tramite l'utilizzazione, sui circuiti terminali, di interruttori differenziali aventi corrente nominale differenziale di intervento I_{dn} regolabile da 30 a 25000 mA per l'interruttore generale (tarata a 0,3 A e 0,3 secondi di intervento) e I_{dn} 30 mA per le linee terminali.

Deve essere verificata la seguente relazione in accordo alla CEI 64-8/4 413.1.3.3 :
per sistemi TT:

$$R_a I_a \leq 50$$

Dove:

- R_a = è la somma delle resistenze del dispersore e del conduttore di protezione in ohm
- I_a = è la corrente che provoca l'intervento automatico del dispositivo di protezione, in Ampere per sistemi TN:

$$Z_s I_a \leq U_0$$

Dove:

- U_0 = Tensione di fase dipendente dal tempo di intervento delle protezioni e d'interruzione delle protezioni (vedasi tabella seguente)

Tensione di fase U_0	Tempo di interruzione (s)	
	Condizioni Ordinarie	Condizioni particolari
120	0,8	0,4
230	0,4	0,2
400	0,20	0,06
>400	0,10	0,02

- Z_s = Impedenza dell'anello di guasto che comprende la sorgente, il conduttore attivo e di protezione tra punto di guasto e la sorgente.
- I_a = Valore in ampere, della corrente di intervento in 5 sec. o secondo le tabelle CEI 64.8/4 - 41A e/o 48A del dispositivo di protezione.

per sistemi IT:

$$R_t I_d \leq 50$$

Dove:

- R_t = è la resistenza del dispersore al quale sono collegate le masse, in ohm;
- I_d = è la corrente di guasto nel caso di primo guasto di impedenza trascurabile tra un conduttore di fase ed una massa, in ampere. Il valore di I_d tiene conto delle correnti di dispersione verso terra e dell'impedenza totale di messa a terra dell'impianto

Non è necessario interrompere il circuito in caso di singolo guasto a terra.

Una volta manifestatosi un primo guasto, le condizioni di interruzione dell'alimentazione nel caso di un secondo guasto sono:

- quando le masse sono messe a terra per gruppi od individualmente, le condizioni sono date nell'art. 413.1.4 Norma CEI 64.8/4 come per i sistemi TT;
- quando le masse sono interconnesse collettivamente da un conduttore di protezione, si applicano le prescrizioni relative al sistema TN ed in particolare:

$$Z_s \leq U / (2 * I_a)$$

quando il neutro non è distribuito

$$Z'_s \leq U_0 / (2 * I_a)$$

quando il neutro è distribuito

Dove:

- U_0 = è la tensione nominale in c., valore efficace, tra fase e neutro;
- U = è la tensione nominale in c., valore efficace, tra fase e fase;
- Z_s = è l'impedenza dell'anello di guasto costituito dal conduttore di fase e dal conduttore di protezione del circuito;
- Z'_s = è l'impedenza del circuito di guasto costituito dal conduttore di neutro e dal conduttore di protezione del circuito;

- I_a = è la corrente che interrompe il circuito entro il tempo specificato dalle tabelle CEI 64.8/4 – 41B e/o 48A, od entro 5 s per tutti gli altri circuiti, quando questo tempo è permesso.

Ai fini della protezione dei contatti indiretti, si ricordano le definizioni di “massa” e “massa estranea” riportate all’interno della norma CEI 64-08:

- Massa: “tutte le parti conduttrici, facenti parte dei componenti elettrici e che possono essere toccate, che non sono in tensione in condizioni normali di funzionamento, ma possono andare in tensione, in caso di guasto, se si verifica il cedimento dell’isolamento principale”.

- Massa estranea: “parte conduttrice non facente parte dell’impianto elettrico, in grado di introdurre un potenziale, generalmente di quello di terra”. Queste andranno collegate all’impianto di terra quando la loro resistenza è inferiore a 1000 Ω in ambienti ordinari e 200 Ω in ambienti particolari.

Dimensionamento dell’impianto elettrico

Si riporta di seguito una descrizione delle linee elettriche in progetto e dei quadri. I cavi utilizzati saranno tutti dotati di doppio isolamento e tensioni nominali U_0/U pari a 0,6/1 kV per assicurare la protezione dai contatti indiretti in caso di condutture in materiale non isolante; con l’installazione di questi cavi, le condutture non isolanti verranno considerate equivalenti ai dispositivi di classe seconda, e quindi non necessitano di essere collegate al conduttore di protezione. Per il cablaggio dei circuiti ausiliari di comando, si prevede l’impiego di cavi FG16-OR.

La protezione dei carichi sarà solitamente affidata a interruttori automatici in grado di misurare la corrente su tutti i conduttori della linea e interromperli in caso di sovracorrente (ovviamente il sezionamento non avverrà per il conduttore di protezione). Per interruttore automatico si intende un dispositivo in grado di proteggere la linea e la macchina sia dal sovraccarico, sia dal cortocircuito.

Dato che la corrente di spunto dei motori è maggiore di quella assorbita in condizioni di funzionamento a regime, gli interruttori previsti per la loro protezione dovranno avere una adeguata curva di intervento.

Caratteristiche dei quadri elettrici

I quadri elettrici previsti in progetto saranno in PVC e avranno dimensioni L500xH600xP250 mm. Saranno dotati di portella frontale cieca per l'installazione dei sistemi di comando e di segnalazione visiva e di portella ad oblò per permettere il monitoraggio delle segnalazioni di tipo visive.

I quadri previsti avranno grado di protezione IP 65 adatto all'installazione all'aria aperta e al loro interno verranno installati i dispositivi per la protezione e il comando delle macchine previste; verranno installati all'interno dell'armadio stradale previsto.

Protezione dell'impianto elettrico

Le protezioni generali dei quadri elettrici verranno affidate ad interruttori automatici differenziali aventi corrente nominale 20 A, corrente di dispersione massima ammissibile 0,3 A e potere di interruzione 15 kA.

Ciascuna pompa sarà protetta da un interruttore magnetotermico regolabile avente corrente nominale dimensionata in base alle caratteristiche elettriche dei motori da proteggere. Ciascun salvamotore posto a monte delle pompe sarà dotato di contatti ausiliari per segnalare lo stato della protezione.

Le prese previste per permettere eventuali lavori di manutenzione verranno protette da interruttori magnetotermici aventi corrente nominale pari a 16 A, corrente di dispersione massima ammissibile 0,03 A e potere di interruzione 15 kA.

I combinatori telefonici previsti verranno protetti da interruttori magnetotermici differenziali aventi corrente nominale pari a 10 A e caratteristiche simili agli interruttori installati a valle degli interruttori generali. La stessa cosa dicasi delle protezioni dei circuiti di automazione, ciascuno protetto a monte del trasformatore da

un interruttore automatico avente corrente nominale 1,6 A. Il secondario dei trasformatori 230/24 V verranno protetti mediante sezionatore portafusibili da 10 A.

Automazione delle pompe

I sistemi di automazione delle pompe verranno controllati mediante la logica con cui verranno cablati i relè e i temporizzatori; verranno impiegati anche interruttori di livello a galleggiante, aventi la funzione di comandare l'avviamento o l'arresto delle pompe automatizzate. I sensori verranno installati in corrispondenza dei seguenti livelli:

- Basso livello di sicurezza per STOP pompe; evita marcia a secco.
- Medio livello per l'avvio della 1° pompa;
- Alto livello per l'avvio della 2° pompa.

L'operatore, mediante gli appositi selettori a tre posizioni, potrà scegliere la modalità di funzionamento di ciascuna macchina; il cambiamento della modalità di funzionamento comporterà sempre l'arresto della pompa.

In modalità manuale, si potranno avviare direttamente le pompe. L'arresto delle macchine si avrà portando il selettore a tre vie in posizione centrale corrispondente allo stato "0", o al completo svuotamento della vasca di accumulo. In questa modalità di funzionamento le pompe potranno essere attivate anche contemporaneamente.

In modalità automatica, al raggiungimento del medio livello dei reflui verrà avviata la pompa 1. La sequenza verrà interrotta in caso svuotamento completo della vasca al raggiungimento del Basso livello "scoperto" o per l'azione dell'operatore sui selettori a tre vie. In caso di avaria della pompa 1 o di esclusione dal funzionamento, il sistema di automazione attiverà la pompa 2.

In caso l'afflusso di reflui in vasca fosse maggiore della capacità di svuotamento di una pompa, al raggiungimento dell'Alto livello si avrà l'attivazione della 2° pompa in "aiuto" alla prima già in marcia, anche in questo caso la sequenza verrà interrotta con lo svuotamento della vasca o con azioni dell'operatore sui comandi.

Per evitare danneggiamenti delle pompe in vasca inattive, il sistema di automazione provvederà allo scambio pompe, per garantire un'alternanza di funzionamento e pari usura delle parti elettriche e meccaniche.

Impianto di terra

Presso la nuova stazione di sollevamento verrà realizzato l'impianto di dispersione per la messa a terra delle masse presenti all'interno dell'impianto in progetto.

Dimensionamento PE

Il dimensionamento della sezione dei conduttori di protezione avverrà tenendo conto sia della corrente massima di dispersione ammessa dagli interruttori differenziali, sia utilizzando la seguente formula:

$$S=(I_g^2t)/K$$

Dove:

- I_g è il valore in A della corrente di guasto franco a terra;
- t è il tempo d'interruzione del guasto;
- K valori ricorrenti adottati e contemplati dalla CEI 64-8/4 a seconda dei conduttori.

Il dimensionamento del PE terrà conto delle sollecitazioni meccaniche ed elettriche relative alle energie specifiche passanti.

La dispersione della corrente nel terreno

Il terreno funge da conduttore delle correnti di guasto uscenti dai dispersori.

Questo tratto di circuito si presenta con caratteristiche del tutto particolari rispetto a quelle degli ordinari conduttori metallici. Il conduttore metallico ha resistenza proporzionale alla lunghezza perché la sezione disponibile per il passaggio della corrente è costante, cosa non sempre verificata nel terreno.

Il dispersore presenta rispetto al terreno a potenziale indisturbato due tipi di resistenze:

- una resistenza di contatto metallo-terreno che dipende unicamente dalle condizioni della superficie degli elettrodi e da quelle del terreno immediatamente aderente;
- una resistenza di immissione della corrente nel terreno, chiamata resistenza di terra, che dipende dalla forma, dalle dimensioni degli elettrodi e dalla resistività del terreno.

La resistività del terreno

La resistività del terreno corrisponde alla resistenza che presenta, tra due facce opposte, un cubo di terreno delle dimensioni di 1 m x 1 m x 1 m (il valore è espresso perciò in Ωm).

La resistività è una delle più grosse incognite del problema della valutazione della resistenza di terra perché è influenzata non solo dal tipo di terreno, ma anche dalla percentuale di acqua che contiene e, nelle zone urbane, dalla presenza di tubazioni interrato.

La resistività si può misurare mediante dispersori campione oppure valutare approssimativamente in funzione del tipo di terreno.

Considerate le caratteristiche del terreno dove verrà realizzato il nuovo manufatto, il valore assunto per la resistività del terreno sarà:

$$\rho_e = 200 \Omega\text{m}$$

L'influenza reciproca

Ciascun dispersore elementare (corda, picchetto, sistema magliato) può essere connesso in parallelo ad altri dispersori elementari dando come risultato una resistenza che è $1/n$ di quella pertinente al singolo elemento.

Calcolo preliminare della resistenza di terra

L'impianto di terra, per garantire la protezione dai contatti indiretti, deve soddisfare la seguente disequazione:

$$R_e I_d \leq 50 \text{ V}$$

$$R_e \leq 50/0.3$$

$$R_e \leq 167 \Omega$$

Dove:

- R_e è la resistenza di terra totale dell'impianto;
- I_d è la massima corrente di dispersione verso terra ammessa all'interno dell'impianto.

Segue il calcolo della resistenza dell'impianto di terra in progetto.

Contributo del dispersore orizzontale

Come dispersore orizzontale si considererà la corda in rame interrata. Il suo contributo viene calcolato utilizzando la seguente formula:

$$R_e = 2 * \rho_e / L = 40 \Omega$$

Dove:

- R_e è la resistenza di terra del dispersore orizzontale;
- ρ_e è la resistività del terreno;
- L è la lunghezza del dispersore espressa in metri

Contributo del dispersore verticale

Come dispersori verticali si prevede la posa di quattro picchetti in acciaio zincato con profilo a croce come indicato precedentemente. Il contributo di ciascun dispersore verticale si calcola con la seguente formula:

$$R_e = 300/1,5 = 133 \Omega$$

Dove:

- R_e è la resistenza di terra del dispersore orizzontale;
- ρ_e è la resistività del terreno;
- L è la lunghezza del dispersore espressa in metri.

I dispersori verticali previsti si comporteranno come resistenze in parallelo, in quanto verranno installati in maniera tale da non influenzarsi a vicenda. Si determina dunque il contributo dei quattro picchetti previsti:

$$R_{e'} = R_e / N = 200 / 4 = 33,25 \, \Omega$$

Valore della resistenza totale dell'impianto di terra

I dispersori previsti vengono considerati come resistori in parallelo, dato il loro comportamento dal punto di vista elettrico. Si procede quindi al calcolo della resistenza totale dell'impianto di terra:

$$R_{eTOT} = (R_{eP'} * R_{eO}) / (R_{eP'} + R_{eO}) = 73,25 \, \Omega$$

Dove:

- R_{eTOT} è la resistenza di terra totale;
- $R_{eP'}$ è la resistenza dei quattro picchetti previsti in progetto;
- R_{eO} è la resistenza della corda di rame interrata.

La resistenza di terra ottenuta risulta essere adeguata, in quanto è minore rispetto alla resistenza di terra massima consentita, senza aver considerato il contributo dei dispersori di fatto.

Impianto di messa a terra

L'impianto di terra sarà dimensionato in modo tale da soddisfare le prescrizioni delle vigenti norme CEI.

Esso sarà realizzato con conduttori in rame di tipo e sezione come qui di seguito evidenziato:

- corda nuda in rame con sezione 35 mm² e direttamente interrata, per i collegamenti con i vari dispersori (maglia generale di terra) e picchetti d'acciaio zincato da 50x50x1500x5 mm profilati a croce;
- corda isolata giallo-verde, di sezione adeguata alla tabella 54F articolo 543.1.2 CEI 64.8 per il collegamento dei quadri di comando;
- corda isolata giallo-verde di sezione adeguata alla tabella 54F per il collegamento a terra delle varie utenze;
- corda isolata giallo-verde di sezione minima 6 mm² per i collegamenti equipotenziali ma non inferiore alla metà del PE di maggior sezione che si presenta al collettore principale di terra. Per i collegamenti equipotenziali supplementari la minima sezione è 4 mm² per i collegamenti dei conduttori a vista e 2,5 mm² se sono protetti meccanicamente entro tubazioni.

Sezione Conduttore equipotenziale principale (S_{eqp})	Conduttore equipotenziale supplementare (Seq suppl)
Seqp ≥ SPE/2 (1) Con un minimo di 6 mmq Con un massimo di 25 mmq	Seqsuppl ≥ SPE (2) Se collega 2 masse
	Seqsuppl ≥ SPE/2 (3) Se collega una massa ad una massa estranea
	Seqsuppl ≥ 4 mmq o 2,5 se protetto meccanicamente Se collega una massa estranea al PE
	Seqsuppl ≥ 4 mmq o 2,5 se protetto meccanicamente Se collega due masse estranee
1) SPE 1= Sezione del conduttore di protezione più elevata 2) SPE 2= Sezione del conduttore di protezione più piccolo collegato alle masse. 3) SPE 3 = Sezione del corrispondente conduttore di protezione da cui deriva	

L'anello generale di messa a terra verrà integrato con dispersori a croce 50x50x5x1500mm, in acciaio zincato, infissi verticalmente nel terreno entro pozzetti di ispezione.

Saranno adottati opportuni accorgimenti per evitare corrosioni elettrolitiche nei punti di connessione fra metalli diversi.

La rete elettrosaldata della soletta costituirà un dispersore distribuito sotto tutta la struttura; ad essa dovranno essere allacciati i collegamenti equipotenziali, posti in pozzetti ispezionabili, verso l'anello generale di messa a terra.

Conduttori di protezione [PE]

I conduttori di protezione terminali sono generalmente costituiti da cavi unipolari isolati facenti parte della conduttura di alimentazione (cioè posati negli stessi tubi dei cavi di energia) oppure dall'anima di un cavo multipolare.

In questi casi l'isolante dei cavi deve essere obbligatoriamente di colore giallo-verde.

I conduttori di protezione principali seguono le stesse regole dei PE terminali (la Norma CEI non fa distinzione tra PE terminali e principali).

Conviene trattarli separatamente perché presentano i seguenti problemi specifici:

- non sempre i PE principali sono correlabili con uno specifico cavo di energia; per esempio un canale o una passerella possono contenere più cavi di differente sezione, ma il PE può essere unico e deve in tal caso essere correlato con il cavo di energia di maggior sezione; un caso simile si presenta quando un reparto è alimentato da più linee principali e da un unico PE; sfruttando questa possibilità cumulativa si possono realizzare notevoli risparmi;
- i PE principali non hanno in genere derivazioni lungo il percorso per cui le giunzioni sono soltanto due (in partenza e in arrivo); può essere perciò conveniente utilizzare conduttori nudi, guaine metalliche di cavi, involucri metallici di canali, passerelle, condotti-sbarre o anche masse estranee come tubazioni metalliche dell'impianto idraulico o altre strutture metalliche.
- In nessun caso è consentita l'utilizzazione delle masse estranee come conduttore PEN (cioè terra abbinata al neutro).

Collegamenti equipotenziali

I collegamenti equipotenziali principali congiungono le masse estranee entranti negli edifici o nei locali all' impianto di terra in corrispondenza del collettore principale di terra.

Essi hanno lo scopo di fare assumere alle masse estranee le stesse tensioni dell'impianto di terra sia in assenza di dispersioni (potenziale nullo) che durante le dispersioni (tensione totale di terra). Contrariamente a quanto avviene per il PE, che è soggetto ad una corrente di dispersione calcolabile, non si può prevedere quale potrebbe essere la corrente attraversante gli EQP per cui la sezione minima è imposta dalla Norma CEI 64-8.

I collegamenti equipotenziali supplementari sono obbligatori solo in situazioni di particolare pericolo.

In pratica si tratta di collegamenti che sono in parallelo agli EQP in grado di sopperire alla mancanza di continuità delle masse estranee (sostituendo i ponticelli fra tutti i punti di possibile discontinuità delle masse estranee).

Per dimensionare l'EQP si deve considerare la situazione che si presenta al collettore principale di terra: tra tutti i PE collegati si deve fare riferimento a quello di maggior sezione. L'EQP deve avere sezione non inferiore alla metà di quella di tale PE. Tuttavia per questioni meccaniche non deve avere sezione inferiore a 6 mm².

I collegamenti equipotenziali supplementari sono necessari anche in installazioni per le quali non è previsto l'impianto di terra: per esempio quando si attua la protezione per separazione elettrica, due masse contemporaneamente accessibili devono essere collegate tra loro mediante EQP per evitare che un doppio guasto costituisca pericolo (lo stesso principio vale quando si attua la protezione per mezzo di luoghi non conduttori).

Giunzioni e connessioni

In particolare ogni impianto di terra deve avere un collettore principale di terra accessibile per le verifiche al quale fanno capo i conduttori PE, i conduttori

equipotenziati principali e il conduttore di terra. Tutti questi conduttori devono essere connessi mediante morsetti affidabili sia per robustezza sia per tenuta all'allentamento spontaneo dovuto alle vibrazioni o alle escursioni termiche. Le connessioni equipotenziati alle tubazioni devono essere realizzate mediante appositi morsetti a collare di materiale chimicamente compatibile in modo da evitare la corrosione. Per le connessioni corda-corda si possono utilizzare morsetti a compressione o a bulloni. In ogni caso per tutti i componenti dell'impianto di terra sono vietate, perché inaffidabili, le seguenti giunzioni:

- a torciglione;
- sotto testa di viti autofilettanti avvitate in lamiera o profilati di ferro o di alluminio;
- mediante legatura con filo di rame o di ferro.

Il conduttore di terra

Il conduttore di terra segue un criterio di dimensionamento diverso rispetto a quello previsto per il PE: infatti sviluppandosi prevalentemente all'esterno è più vulnerabile alle azioni meccaniche e corrosive.

È importantissimo distinguerlo dal PE e da eventuali corde nude interrate costituenti il dispersore. Si ricorda pertanto che questo componente, indicato con la sigla CT, collega il dispersore al collettore principale di terra. Se è costituito da una corda deve avere le seguenti sezioni minime:

- se si tratta di corda nuda installata a vista (manca cioè sia la protezione meccanica sia quella chimica contro la corrosione) la sezione minima ammessa è di 25 mm² se in rame e di 50 mm² se in ferro zincato;
- se si tratta di corda isolata in PVC (protezione chimica in genere sufficiente ad evitare la corrosione) la sezione minima ammessa è di 16 mm² se in rame o ferro zincato;

- se si attua una sufficiente protezione sia chimica sia meccanica (ad esempio posa di corda isolata entro tubo protettivo di tipo pesante) la sezione minima non deve essere inferiore alla maggiore sezione del PE che fa capo allo stesso collettore di terra.

Il dispersore

Il dispersore è destinato a disperdere nel terreno le correnti di guasto e può essere costituito secondo varie modalità che verranno esaminate in dettaglio. Il dispersore è detto "intenzionale" quando è appositamente costruito e dimensionato per questo scopo. Si dice dispersore "di fatto" quando si utilizza una struttura interrata avente altri scopi primari quali per esempio i ferri d'armatura del calcestruzzo.

Il dispersore intenzionale può essere costituito da elementi infissi verticalmente nel terreno (picchetti) oppure interrati orizzontalmente in uno scavo.

In entrambi i casi la Norma CEI 64-8/5 raccomanda l'impiego di metalli resistenti alla corrosione quali il rame, l'acciaio rivestito di rame o materiali ferrosi zincati.

Si possono utilizzare anche altri metalli purché compatibili con la natura del terreno oppure metalli ferrosi senza rivestimento protettivo aumentando lo spessore del 50% e adottando sezioni non inferiori a 100 mm^2 . Le norme CEI 99-2 e CEI 99-3 prevedono dimensioni minime dei dispersori in qualche punto differenti da quelle della tabella ma è applicabile agli impianti di alta e media tensione che interessano l'utente solo per le cabine MT/BT nel caso di sistemi TN. In particolare sono ammesse sezioni minime di 25 mm^2 per tondini e corde di rame costituenti dispersori orizzontali.

Collegamento delle masse al PE

Un tubo, un canale protettivo metallico o una cassetta di derivazione metallica (basta anche il solo coperchio) che contengano cavi o morsetti non classificati a doppio isolamento devono essere collegati al PE; a tal fine si ricorda che si considerano a doppio isolamento i cavi con guaina aventi tensione nominale superiore di un gradino

a quella strettamente indispensabile nel caso specifico: per esempio negli ambienti ordinari alimentati a 230/400 V si considerano a doppio isolamento i cavi con U_0/U maggiore o uguale a 450/750 V mentre negli ambienti esterni, che richiedono come minimo $U_0/U = 450/750$ V (illuminazione pubblica), si considerano a doppio isolamento i cavi 0,6/1kV.

È inoltre vietato e molto pericoloso collegare al PE i componenti alimentati da un trasformatore di separazione (si annullerebbe il sistema di protezione).

Collegamento a terra delle masse estranee

Si è già trattato della funzione dei collegamenti equipotenziali e dell'identificazione delle masse estranee da collegare al PE. Si devono solo chiarire alcuni concetti riguardanti l'accessibilità e il punto di collegamento a terra delle masse estranee.

Le tubazioni alimentanti i servizi e le parti strutturali metalliche dell'edificio vanno sempre collegate in equipotenzialità principale al collettore di terra (collegamento EQP). Le altre masse estranee sono da considerarsi molto pericolose in luoghi particolari (bagni, docce, piscine, luoghi conduttori ristretti o simili) e in tal caso devono essere collegate localmente tra loro e al più vicino PE. Un pericolo in ogni caso è determinato dalla possibilità di toccare contemporaneamente una massa in avaria e una massa estranea: ne consegue che in genere non è necessario collegare in EQS le masse estranee che si trovano fuori del volume d'accessibilità.

Non si considerano come estranee le recinzioni in luoghi lontanissimi dall'impianto elettrico utilizzatore e non soggetti a lavori d'ordinaria manutenzione con elettrotensili. I collegamenti equipotenziali supplementari vanno realizzati nel punto di ingresso del potenziale pericoloso nell'ambiente da proteggere; per esempio se si tratta di un serramento in collegamento con una struttura metallica estesa va collegato in equipotenzialità il controtelaio metallico; è non solo inutile e costoso ma anche pericoloso collegare a terra il telaio o i battenti.

Collegamenti a terra delle parti di un quadro

La struttura portante di un quadro metallico va collegata al PE con gli stessi criteri usati per le masse degli utilizzatori.

Non è necessario il collegamento della portella se il pannello interno realizza un grado di protezione non inferiore a IP20 rispetto agli apparecchi contenuti.

Non è inoltre necessario collegare al morsetto di terra le piccole parti che non possono essere afferrate con le mani quali le teste delle viti, le cerniere, le piccole targhe metalliche.

Apparecchiature collegate a terra

Saranno collegate a terra tutte le parti di impianto a qualunque livello di tensione, ivi comprese le terre di funzionamento.

Saranno quindi collegati a terra:

- gli involucri di tutte le apparecchiature elettriche qualora siano masse;
- le masse estranee all'ingresso degli edifici o dei manufatti mediante collegamenti equipotenziali;
- gli accessori alle installazioni elettriche (passerelle metalliche, tubi, ecc.) qualora siano masse.
- A questo scopo ricordiamo la definizione di massa secondo la CEI 64-8 23.2:
- “Parte conduttrice di un componente elettrico che può essere toccata e che non è in tensione in condizioni ordinarie, ma che può andare in tensione in condizioni di guasto”.