



Università degli Studi di Trieste

Facoltà di ingegneria

Corso di Impianti Meccanici I
Appunti delle lezioni

Settembre 2009

prof. ing. Marco Boscolo

Sommario

1. PREFAZIONE	1
2. PRESENTAZIONE DEL CORSO DI IMPIANTI MECCANICI I	3
2.1 Finalità.....	3
2.2 Programma	3
2.3 Esercitazioni	4
2.4 Bibliografia.....	4
3. GENERALITÀ.....	7
3.1 Scopo e ambito di interesse della disciplina	7
3.1.1 L'impianto	7
3.1.2 L'ingegnere impiantista	7
3.1.3 La progettazione impiantistica	9
3.2 Fondamenti dei sistemi produttivi	10
3.2.1 Definizione di impianto industriale	10
3.2.2 L'impianto come sistema	11
3.3 Classificazione delle attività industriali e delle relative strutture impiantistiche.....	12
3.3.1 Impianti tecnologici.....	13
3.3.1.1 Classificazione con riferimento al settore	13
3.3.1.2 Classificazione con riferimento all'assetto	14
3.3.1.3 Classificazione con riferimento alla dimensione.....	15
3.3.1.4 Classificazione con riferimento al tipo di prodotto	15
3.3.1.5 Classificazione con riferimento alla quantità di materie o di prodotti.....	16
3.3.1.6 Classificazione con riferimento al ciclo di produzione	16
3.3.1.7 Classificazione con riferimento alla disposizione planimetrica.	18
3.3.1.8 Classificazione con riferimento alla pericolosità o ad altre particolarità di esercizio	18
3.3.1.9 Classificazione con riferimento alla forma giuridica.....	19
3.3.2 Impianti di servizio.....	19
4. PROGETTAZIONE DELLE INDUSTRIE	21
4.1 Generalità.....	21
4.2 Progetti fondamentali	21
4.2.1 Progetto finanziario	22
4.2.2 Progetto costruttivo	22
4.2.3 Progetto produttivo.....	22
4.2.4 Progetto architettonico	22
4.2.5 Progetto commerciale.....	22
4.3 Engineering (Società d'ingegneria).....	23
4.4 Disponibilità.	24
4.4.1 Affidabilità	25
4.4.2 Manutenibilità.	26
4.4.3 Ridondanza.....	27
4.5 Scelta della dimensione aziendale: presentazione ed analisi dei parametri più influenti.....	28
4.5.1 Generalità	28
4.5.2 Analisi del mercato e definizione del volume di produzione	28
4.5.2.1 Indagini di mercato.....	29
4.5.2.2 Analisi congiunturale	29
4.5.2.3 Previsione sull'andamento futuro della domanda	30
4.5.2.4 Fattori stagionali.....	31
4.5.3 Costi di impianto	31
4.5.3.1 Costi preventivi di esercizio	31
4.5.3.2 Costi del capitale	32
4.5.3.3 Costo del capitale circolante.....	33
4.5.4 Costo dei prodotti	34
4.5.5 Confronto costi-prezzi.....	35
4.5.6 Scelta della potenzialità.....	36
4.5.7 Scelta del volume di produzione	38



4.6 Studio del "plant layout"	39
4.6.1 Generalità	39
4.6.2 Analisi dei dati di partenza	39
4.6.2.1 Analisi del processo produttivo	40
4.6.2.1.1 Il diagramma qualitativo	40
4.6.2.1.2 Il diagramma quantitativo	42
4.6.3 Ricerca delle possibili soluzioni	44
4.6.3.1 Tipi di lavorazioni	44
4.6.3.2 Sistemi di trasporto interno.....	44
4.6.3.3 Posto di lavoro.....	44
4.6.3.4 Frazionamento della potenzialità produttiva.....	44
4.6.3.5 Definizione dei fabbisogni di superfici coperte e totali	44
4.6.4 Considerazioni conclusive.....	51
4.6.5 Esempi di <i>plant layout</i>	51
4.7 Ubicazione degli impianti industriali.....	54
4.7.1 Generalità	54
4.7.2 Fattori ubicazionali di carattere territoriale	54
4.7.3 La scelta del terreno.....	54
4.7.4 La scelta del terreno: esame di alcuni casi di studio.....	54
4.7.4.1 Il caso della Val Trompia (BS).....	54
4.7.4.2 La zona industriale di Manzano (UD)	54
4.7.4.3 La zona industriale "Vallenoncello" di Pordenone	56
4.7.4.4 Il caso della Ferriera di Servola (TS).....	57
4.7.5 Il decentramento industriale	59
4.8 Sulla terminologia adottata nel campo degli impianti industriali	59
4.8.1 Materie in ingresso al ciclo produttivo	60
4.8.2 Materie in uscita dal ciclo produttivo	60
5. EDILIZIA INDUSTRIALE.....	63
5.1 I fabbricati industriali	63
5.1.1 Generalità	63
5.1.2 Classificazione dei fabbricati.....	63
5.1.3 Sistemi costruttivi	65
5.1.3.1 Calcestruzzo armato precompresso	65
5.1.3.2 Acciaio.....	69
5.1.3.3 Laterizio armato.....	70
5.1.4 Principali parti costituenti di un fabbricato.....	73
5.1.4.1 Fondazioni	73
5.1.4.2 Strutture portanti.....	80
5.1.4.3 Coperture e pareti	80
5.1.4.4 Pavimenti.....	81
5.1.4.5 Strutture varie	81
5.1.4.5.1 Cancelli e porte	81
5.1.4.5.2 Scale.....	81
5.1.4.5.3 Serramenti.....	81
5.1.4.5.4 Scarichi delle acque piovane.....	81
5.1.4.5.5 Fognature	81
5.1.5 Impiego del colore.....	83
5.2 Servizi generali, ausiliari, igienico sanitari.....	83
5.2.1 Servizi generali	83
5.2.1.1 Uffici	83
5.2.1.2 Laboratori	83
5.2.1.3 Refettorio.....	83
5.2.1.4 Ristorante.....	83
5.2.1.5 Self-service, distributori automatici, ecc.	83
5.2.1.6 Infermeria	83
5.2.2 Servizi ausiliari	83
5.2.3 Servizi igienico-sanitari	83
5.2.4 Servizi vari.....	83
5.2.5 Locali diversi	83



5.2.6	Accessi allo stabilimento.....	83
5.2.7	Vie interne allo stabilimento	83
5.2.7.1	Strade	84
5.2.7.2	Binari ferroviari.....	84
6.	LA PROGETTAZIONE DELLE OPERE PUBBLICHE.....	85
6.1	Generalità	85
6.2	Il progetto preliminare	86
6.3	Il progetto definitivo.....	87
6.4	Progetto esecutivo	88
6.4.1	Relazione generale	89
6.4.2	Elenco dei prezzi unitari.....	90
6.4.2.1	Prezzi regionali o di riferimento	92
6.4.2.2	Analisi dei prezzi unitari	92
6.4.3	Computo metrico estimativo	93
6.4.4	Quadro economico	94
6.4.5	Capitolati	95
6.4.5.1	Capitolato generale delle opere pubbliche.....	95
6.4.5.2	Capitolato speciale	96
7.	APPENDICI.....	101
7.1	Descrizione del plant-layout della Ferriera di Servola.	103
7.1.1	Parco deposito	105
7.1.2	Area cokeria	106
7.1.3	Area agglomerazione.....	107
7.1.4	Area altoforni	109
7.1.5	Area macchina a colare	110
7.1.6	Area acciaieria.....	110
7.1.7	Area servizi	111
7.1.7.1	Trattamenti dei gas siderurgici prima dell'immissione in rete.....	112
7.1.7.1.1	Gas di cokeria	112
7.1.7.1.2	Gas di altoforno	113
7.1.7.2	Trattamenti dei gas siderurgici destinati alla CET	113
7.1.7.2.1	Gas di cokeria	113
7.1.7.2.2	Gas di altoforno	113
7.1.7.3	Logistica del flusso dei materiali.....	113
7.2	Elementi di progettazione di un pastificio di media-grande capacità produttiva.....	114
7.2.1	Ubicazione del pastificio	114
7.2.2	Mercato di sbocco e definizione della potenzialità produttiva	114
7.2.3	Definizione del prodotto, delle tipologie e dei quantitativi	115
7.2.4	Organizzazione del pastificio	117
7.2.5	Impianti di produzione e scelta della loro capacità nominale.....	117
7.2.6	Bilancio di massa delle linee di produzione	126
7.2.7	Organizzazione strutturale del reparto di confezionamento e dimensionamento degli accumuli notturni	130
7.2.7.1	Dimensionamento dell' accumulo notturno e del reparto di confezionamento della linea di pasta lunga.....	130
7.2.7.2	Dimensionamento degli accumuli notturni delle linee di pasta corta e pasta corta tranciata ..	133
7.2.7.3	Dimensionamento reparto confezionamento relativo alle due linee di pasta corta.....	136
7.2.7.4	Dimensionamento del reparto di confezionamento relativo alla linea di pasta a nido.....	138
7.2.8	Impianto sfarinati	138
7.2.8.1	Sezione di stoccaggio	138
7.2.8.2	Sezione di dosaggio.....	142
7.2.8.3	Sezione di invio sfarinati alle presse	143
7.2.8.3.1	Dimensionamento dell'impianto pneumatico misto di trasporto semola	145
7.2.8.3.1.1	Dati di progetto:.....	145
7.2.8.3.1.2	Velocità dell'aria e rapporto di miscela	146
7.2.8.3.1.3	Portata volumetrica d'aria	146
7.2.8.3.1.4	Diametro dei condotti	146
7.2.8.3.1.5	Determinazione della potenza del compressore e del motore elettrico	150



7.2.8.4	Sezione di aspirazione dalle presse.....	150
7.2.9	Visione d'insieme del pastificio.....	151
7.2.10	Bibliografia.....	153
7.3	Realizzazione della centrale frigorifera a servizio dell'impianto di raffrescamento dell'edificio "D" - Facoltà di Economia e Commercio. Università di Trieste - P.le Europa, 1. - Progetto Esecutivo - Relazione Tecnica - Dicembre 1998	155
7.3.1	Premessa.....	155
7.3.2	Descrizione del sistema di utenza preesistente	156
7.3.2.1	Circuiti di distribuzione del fluido termovettore	156
7.3.2.1.1	Circuito termoconvettori.....	156
7.3.2.1.2	Circuito U.T.A.	156
7.3.2.1.3	Circuito piastre radianti.....	156
7.3.2.1.4	Circuito ventilconvettori (Fancoils)	156
7.3.2.1.5	Ventilconvettori.	157
7.3.2.1.6	U.T.A.	157
7.3.3	Determinazione dei fabbisogni energetici	158
7.3.4	Componentistica di utenza.....	159
7.3.4.1	Unità trattamento d'aria. (UTA).....	159
7.3.4.2	Fan-coils	160
7.3.5	Centrale frigorifera	160
7.3.5.1	Ubicazione.....	160
7.3.5.2	Descrizione dell'impiantistica adottata.....	161
7.3.5.2.1	Generazione del freddo	161
7.3.5.2.2	Distribuzione del freddo	161
7.3.6	Configurazione della nuova sottostazione	162
7.3.7	Sistema di regolazione e supervisione	162
7.3.7.1	Controllo del microclima ambientale	162
7.3.7.2	Apparecchiature in campo e regolatori digitali.....	164
7.3.7.3	Sistema di supervisione	166
7.3.8	Canalizzazioni dell'aria	167
7.3.8.1	Canalizzazioni tradizionali	167
7.3.8.2	Canali in tessuto	168

Indice delle figure

Figura 1	Schema del sistema impianto industriale.....	12
Figura 2	Evoluzione degli assetti produttivi.....	14
Figura 3	Classificazione delle industrie meccaniche riferita al ciclo di produzione	18
Figura 4	Andamento tipico della congiuntura	30
Figura 5	Variazione stagionale della produzione di gelati ed alcolici.....	31
Figura 6	Andamento dei costi in funzione del metodo di lavoro e della produzione	34
Figura 7	Aumento dei costi unitari in funzione delle produzione	35
Figura 8	Aumento dei costi unitari in funzione delle produzione	35
Figura 9	Confronto costi - prezzi	36
Figura 10	Criteri di scelta degli impianti in base alla produzione.....	36
Figura 11	Scelta della potenzialità - massimo utile unitario e massimo utile totale	38
Figura 12	Impianto per la produzione di fogli di PVC: diagramma qualitativo	41
Figura 13	Impianto per la produzione di fogli di PVC: diagramma qualitativo figurato	41
Figura 14	Diagramma quali-quantitativo per la produzione di pasta alimentare a nido	42
Figura 15	Impianto per laminazione e fonderia di alluminio: diagramma quantitativo	43
Figura 16	Scheda per la stesura dei diagrammi di lavorazione.....	43
Figura 17	Poligono di ingombro geometrico della macchina	45

Figura 18 Ingombro del centro di lavoro su banco	48
Figura 19 Plant layout di un pastificio. (Documentazione tecnica Pavan)	52
Figura 20 Plant-layout di uno stabilimento dedito alla produzione di PVC	53
Figura 21 Vista aerea della Val Trompia	55
Figura 22 Vista aerea della zona industriale di Manzano (UD)	55
Figura 23 Pordenone - Zona industriale "Vallenoncello"	56
Figura 24 L'alluvione di Pordenone del 26 novembre 2002	57
Figura 25 Vista aerea della Ferriera di Servola	58
Figura 26 Schema qualitativo a blocchi del processo produttivo adottato presso lo stabilimento siderurgico della Servola S.p.A.	59
Figura 27 Esempio di fabbricato ad un solo piano (Stabilimento Texgiulia - Gorizia)	63
Figura 28 Fabbricati industriali a sviluppo intensivo (Torre preparazione miscele) e a sviluppo estensivo (Finitura e deposito temporaneo) coesistenti nel medesimo impianto industriale. (Adriplast - Monfalcone)	63
Figura 29 Vista assonometrica dello stabilimento Adriplast di Monfalcone	64
Figura 30 Fabbricato industriale a sviluppo intensivo (Prosciuttificio Kras di Šepulje - Slovenia)	64
Figura 31 Elemento di solaio prefabbricato in cemento armato precompresso	65
Figura 32 Fabbricato industriale monopiano realizzato in elementi monodimensionali in cemento armato precompresso	65
Figura 33 Pannelli di copertura alveolari in cemento armato precompresso	66
Figura 34 Trave a doppia pendenza in cemento armato precompresso	66
Figura 35 Fabbricato industriale pluripiano realizzato in elementi monodimensionali in cemento armato precompresso	66
Figura 36 Pilastrini intermedi in cemento armato precompresso	67
Figura 37 Sistemi di copertura piana in cemento armato precompresso	68
Figura 38 Elementi portanti del fabbricato	68
Figura 39 Fabbricato in acciaio in fase di realizzazione	69
Figura 40 Magazzino pluripiano realizzato in acciaio	69
Figura 41 Rappresentazione schematica di un fabbricato industriale in acciaio	70
Figura 42 Coperture tradizionali a volta circolare e a capriata	71
Figura 43 Stabilimento industriale con voltine a vela da m 10x10 distanziate da corsie piane.	72
Figura 44 Volte a crociera con corsie lungo i bordi e illuminazione diffusa	72
Figura 45 Volta a crociera con raccordi circolari per lucernai falcati.	72
Figura 46 Deposito autobus a Pescara coperto con 8 volte a vela di luce m 30x30 con corsie piane.	72
Figura 47 Esempificazione di volte conoidi con illuminazione unidirezionale	72
Figura 48 Classificazione delle fondazioni su terreno consistente	73
Figura 49 Classificazione delle fondazioni su terreno inconsistente	73
Figura 50 Fondazioni continue in muratura	74
Figura 51 Fondazioni continue a zattera	74
Figura 52 Fondazioni continue a trave rovescia	75
Figura 53 Fondazioni discontinue a plinti isolati	76
Figura 54 Fondazioni a platea	76



Figura 55 Fondazioni su pali - comportamento statico	77
Figura 56 Disposizioni dei pali sotto fondazioni a plinti isolati e a trave rovescia	77
Figura 57 Fondazioni su pali infissi	78
Figura 58 Copertura industriale a lastre ondulate curve	81
Figura 59 Sezione trasversale di un pannello	81
Figura 60 - Stabilimento Adriplast di Monfalcone - Layout della rete di distribuzione dell'acqua industriale	82
Figura 61 Stabilimento Adriplast di Monfalcone - rete di raccolta degli scarichi industriali	82
Figura 62 Stabilimento Adriplast di Monfalcone - rete di scarico delle acque bianche e delle acque piovane	83
• Figura 63 Planimetria dello stabilimento	104
Figura 64 Schema quantitativo a blocchi del processo produttivo adottato presso lo stabilimento siderurgico della Servola S.p.A.	105
Figura 65 Ubicazione dell'area cokeria	106
Figura 66 Diagramma qualitativo delle operazioni di cokeria.	107
Figura 67 Diagramma qualitativo delle operazioni di cokeria	108
Figura 68 Ubicazione dell'area altoforni	110
Figura 69 Ubicazione dell'area acciaieria.	111
Figura 70 Vista in pianta del pastificio con suddivisione per aree funzionali	117
Figura 71 Plant layout delle linee di produzione: 1) linea pasta lunga, 2) linea pasta corta, 3) linea pasta tranciata, 4) linea pasta a nido. (Documentazione tecnica Pavan)	121
Figura 72 linea pasta lunga. (Documentazione tecnica Pavan)	122
Figura 73 Linea pasta corta. (Documentazione tecnica Pavan)	123
Figura 74 Pasta tranciata. (Documentazione tecnica Pavan)	124
Figura 75 Linea pasta lunga. (Documentazione tecnica Pavan)	125
Figura 76 • Linea pasta lunga da 2500 Kg/h	129
Figura 77 • Linea pasta corta da 3200 Kg/h	129
Figura 78 Linea pasta tranciata da 2000 Kg/h	129
Figura 79 • Linea pasta a nido da 550 Kg/h	130
Figura 80 Vista laterale ed in pianta dell'accumulo notturno pasta lunga e della sfilatrice-sega. (Doc. tec. Pavan)	131
Figura 81 Plant layout del reparto confezionamento e fardellaggio pasta lunga	133
Figura 82 Vista frontale e in pianta silo di accumulo pasta corta. (Doc. tec. Pizeta)	134
Figura 83 Vista laterale e in pianta delle batterie di sili e dei sistemi di carico e scarico	136
Figura 84 Vista in pianta e sezione del reparto confezionamento e fardellaggio relativo alle linee di pasta corta e corta tranciata. (Documentazione tecnica Pavan)	137
Figura 85 Plant layout della zona sfarinati. (Documentazione tecnica Pizeta)	139
Figura 86 Sili di stoccaggio sfarinati. (Documentazione tecnica Pizeta)	141
Figura 87 Filtro a maniche autopulente con elettroventilatore centrifugo. (Documentazione tecnica Pavan)	141
Figura 88 Vista frontale e laterale di un gruppo di dosaggio sfarinati. (Documentazione tecnica Pizeta)	143
Figura 89 Gruppo di invio, pulizia e microdosaggio della semola. (Documentazione commerciale Pizeta)	144
Figura 90 Diagramma "a blocchi" delle operazioni per l'alimentazione delle linee produttive	145
Figura 91 Schema unifilare degli impianti di stoccaggio, dosaggio ed alimentazione pressa linea pasta lunga.	147
Figura 92 Compressore ad aspi rotanti	150



Figura 93 Ciclone separatore sulla pressa. (Documentazione tecnica Pavan)	151
Figura 94 Plant layout complessivo del pastificio. (Documentazione tecnica Pavan)	152
Figura 95 Anello principale di teleriscaldamento U.T.A. e Ventilconvettori (Fancoils)	156
Figura 96. Ubicazione del gruppo frigorifero.	161
Figura 97. Schema di regolazione delle UTA a servizio delle aule didattiche e delle sale studio.	163

Indice delle tabelle

Tabella 1 Classificazione delle aziende in base alla dimensione	15
Tabella 2 Compendio dei sottoprogetti di un progetto di impianto industriale	22
Tabella 3 Compendio delle attività connesse allo studio degli impianti industriali	23
Tabella 4 Stati di un impianto in determinato periodo di osservazione T_T	25
Tabella 5 Soluzioni con diverso grado di ridondanza per la realizzazione di una stazione di pompaggio della portata nominale di $90 \text{ m}^3/\text{h}$ e della prevalenza di 22 m c.a.	28
Tabella 6 metodi di ammortamento	32
Tabella 7 Coefficienti di ammortamento per la siderurgia in genere, la metallurgia e i metalli non ferrosi	33
Tabella 8 censimento delle macchine e dei relativi fabbisogni di servomezzi	43
Tabella 9 Valori di K per la determinazione della superficie di evoluzione S_e	46
Tabella 10 Larghezze di massima degli spazi da riservare ai passaggi (mm)	47
Tabella 11 Valori indicativi per il dimensionamento dei magazzini	50
Tabella 12 Valori indicativi delle aree destinate ai servizi e per gli uffici in progettazione di massima	51
Tabella 13 Valutazione di massima dell'area occorrente (m^2 per addetto)	51
Tabella 14 Esempio di voci di elenco prezzi	90
Tabella 15 Analisi dei prezzi unitari relativa alla fornitura e posa in opera di un ventilatore speciale	93
Tabella 16 Capitolo di un computo metrico estimativo	94
Tabella 17 esempio di quadro economico	95
Tabella 18 Sommario di un capitolato tecnico relativa alla realizzazione di impianti di servizio per una Pubblica Amministrazione	97
Tabella 19 Dati sulle superfici occupate dalla Servola S.p.A.	103
Tabella 20. Aree di attività dello stabilimento siderurgico.	105
Tabella 21. Dati relativi all'acciaieria	111
Tabella 22. Dati relativi all'area servizi.	111
Tabella 23 Dati riguardanti le movimentazioni interne.	113
Tabella 24 Formati prodotti dal pastificio suddivisi per tipologia	117
Tabella 25 Volumi annui di prodotto finito che si intendono realizzare	119
Tabella 26 Giorni ed ore annue di effettiva produzione	119
Tabella 27 Determinazione della capacità produttiva nominale delle linee di produzione	120
Tabella 28 Dati di progetto per la determinazione dei flussi di massa lungo le linee di produzione.	128
Tabella 29 Portate ponderali lungo le linee di produzione	128
Tabella 30 Dati di progetto relativi alle due linee di pasta corta	136



<i>Tabella 31 Risultati del calcolo della produzione giornaliera da confezionare, della potenzialità operativa effettiva del sistema di confezionamento e delle confezioni da realizzare, relativamente alle linee di pasta corta e pasta corta tranciata</i>	136
<i>Tabella 32 Portate ponderali di semola richieste dalle linee di produzione</i>	139
<i>Tabella 33. Dati di rendimento dei fancoils.</i>	157
<i>Tabella 34. Determinazione della potenza frigorifera installata.</i>	158
<i>Tabella 35. Apparecchi in campo</i>	164
<i>Tabella 36. Regolatori digitali</i>	166
<i>Tabella 37. Principali dimensioni dei canali in tessuto</i>	169

1. Prefazione

Nell'affrontare per la prima volta l'insegnamento del corso di impianti meccanici I, mi sia consentito esprimere tutta la mia profonda gratitudine al prof. Salvatore Tommasi, Ordinario di impianti meccanici presso la Facoltà di Ingegneria di Questa Università, per quanto ha saputo insegnarmi, sia dal punto di vista professionale che umano, in svariati anni di collaborazione affiatata e sincera.

Per quanto consapevole della maturità acquisita nel tempo sotto la sua guida, sento soverchiante il peso della sua eredità culturale e della sfida *a fare meglio di lui* che, fresco di concorso di ricercatore, mi lanciò nel nostro primo incontro e che io ingenuamente colsi.

Gli *appunti* che seguono hanno lo scopo di raggruppare in un unico documento di facile consultazione il contenuto delle lezioni esposto in aula. I testi sono tratti dalla bibliografia citata al paragrafo 2.4 di pagina 4 e integrano quanto esposto nel libro del prof. Armando Monte "*Elementi di impianti industriali*", Edizioni Libreria Cortina, Torino, adottato per il corso e al quale si può fare diretto riferimento per tutti quei paragrafi dei quali viene riportato unicamente il titolo.

La nutrita serie di immagini di svariata provenienza inserita in corrispondenza dei diversi paragrafi, ha lo scopo di concretizzare gli argomenti trattati per facilitarne la comprensione.

Sarò grato sin d'ora a tutti coloro che vorranno segnalare eventuali imprecisioni ed errori al fine di migliorare il presente strumento di lavoro che viene messo a disposizione degli studenti.

Trieste, settembre 2009

Marco Boscolo

2. Presentazione del corso di impianti meccanici I

L'insegnamento degli Impianti Meccanici viene impartito agli allievi ingegneri industriali (meccanici, materiali, chimici, elettrici) con lo scopo di fornire gli elementi fondamentali per la progettazione, la realizzazione e l'esercizio dei sistemi complessi asserviti alla produzione di beni e servizi.

2.1 Finalità

Considerato il numero, la complessità e l'eterogeneità delle tecnologie industriali che gli impianti meccanici devono concretamente interpretare, si affrontano gli aspetti progettuale, realizzativo e gestionale con approccio sistemico di valenza e applicabilità generali.

Dopo brevissimi cenni introduttivi, si definisce l'oggetto del corso mediante un'esauriente classificazione dei settori produttivi e delle relative strutture impiantistiche. Segue un'approfondita trattazione del processo progettuale a partire dalle fasi preliminari di fattibilità tecnico economica per giungere alla definizione del plant-layout del sistema ed alla redazione di tutti gli elaborati esecutivi estesi a tutti i subsistemi produttivi e di servizio generale comprese le strutture edilizie.

2.2 Programma

GENERALITÀ. *Scopo e ambito di interesse della disciplina:* L'impianto, L'ingegnere impiantista, La progettazione impiantistica. *Fondamenti dei sistemi produttivi:* definizione di impianto industriale, l'impianto come sistema. *Classificazione delle attività industriali e delle relative strutture impiantistiche:* Impianti tecnologici, Impianti di servizio.

PROGETTAZIONE DELLE INDUSTRIE. Generalità. Progetti fondamentali: *progetto finanziario, progetto costruttivo, progetto produttivo, progetto architettonico, progetto commerciale.* Engineering. Disponibilità: *affidabilità, manutenibilità, ridondanza.* Scelta della dimensione aziendale: *presentazione ed analisi dei parametri più influenti: generalità, analisi congiunturale, previsione sull'andamento futuro della domanda fattori stagionali scarti e rendimento di lavorazione metodi di lavorazione, investimenti necessari.* Studio del "plant layout": Generalità, *Analisi dei dati di partenza, Ricerca delle possibili soluzioni Considerazioni conclusive.* Ubicazione degli impianti industriali: *generalità, fattori ubicazionali di carattere territoriale la scelta del terreno, il decentramento industriale.* Sulla terminologia adottata nel campo degli impianti industriali: *materie in ingresso al ciclo produttivo, materie in uscita dal ciclo produttivo.*

EDILIZIA INDUSTRIALE. I fabbricati industriali: *generalità, classificazione dei fabbricati, sistemi costruttivi principali, parti costituenti di un fabbricato, impiego del colore.* Servizi generali, ausiliari, igienico sanitari: *servizi generali, servizi ausiliari, servizi igienico-sanitari, servizi vari, locali diversi, accessi allo stabilimento, vie interne allo stabilimento.*

LA PROGETTAZIONE DELLE OPERE PUBBLICHE. Generalità. Il progetto preliminare. Il progetto definitivo. Progetto esecutivo: *Relazione generale, Elenco dei prezzi unitari, Computo metrico estimativo, Quadro economico, Capitolati.*

2.3 Esercitazioni

Le esercitazioni del corso di Impianti Meccanici I vengono svolte allo scopo di avvicinare gli allievi alla pratica progettuale esposta in via teorica nelle lezioni in aula. A tal fine il docente presenta agli studenti un problema progettuale che viene analizzato nei suoi aspetti peculiari al fine di stimolare gli allievi nell'individuazione delle possibili soluzioni che saranno oggetto di dettagliata esposizione in una serie di elaborati da presentare preliminarmente alla prova d'esame. Tali elaborati, che comprendono relazioni di calcolo e specifiche tecniche, documenti previsionali di spesa ed elaborati grafici, devono coincidere sia formalmente che per quanto concerne i contenuti con i documenti che comunemente compongono il fascicolo tecnico costituente il progetto.

Per una più facile redazione del materiale in precedenza menzionato, agli studenti vengono forniti su supporto elettronico dei documenti dello stesso genere che possono essere assunti come esempio e che possono essere altresì utilizzati nelle parti pertinenti.

2.4 Bibliografia

1. Falcone D., De Felice F.; *Progettazione e gestione degli impianti industriali*; Ulderico Hoepli Editore S.p.A.; Milano; 2008; ISBN 978-88-203-3941-8
2. Brandolese A., Grando A., Perona M.; *Scritti in onore del professor Francesco Turco*; Polipress ; Milano; 2007; ISBN 97888-7398-036-0
3. Manzini R., Regattieri A.; *Manutenzione dei sistemi di produzione*; Società Editrice Esculapio s.r.l.; Bologna; 2005;
4. Di Cristofaro E., Trucco P.; *Eco-efficienza*; Edizioni Angelo Guerrini e Associati SpA; Milano; 2002; ISBN 88-8335-304-8
5. Pareschi A., Persona A.; *Logistica*; Società Editrice Esculapio s.r.l.; Bologna; 2002; ISBN 88-86524-96-X
6. Caridi M. Cigolini R., Miragliotta G.; *Impianti industriali meccanici*; G.B. Paravia & C. S.p.A.; Torino; 1999; ISBN 88-395-8321-1
7. Monte A.; *Elementi di impianti industriali*; Edizioni libreria Cortina; Torino; 1997;
8. Cigolini R, Turco F.; *Casi di impianti industriali*; CittàStudiEdizioni srl; Milano; 1995; ISBN 88-251-7139-0
9. Garetti M., Taisch M.; *Sistemi di produzione Automatizzati*; C.U.S.L.; Milano; 1995; ISBN 88-8132-010-X
10. Pareschi A.; *Impianti industriali*; Progetto Leonardo; Bologna; 1994;
11. Brandolese A., Pozzetti A., Sianesi A.; *Gestione della produzione industriale*; HOEPLI; Milano; 1991; ISBN 88-203-1902-0
12. Castagna R., Roversi A.; *Sistemi produttivi*; ISEDI Petrini editore; Torino; 1990;
13. Paolini P.; *Impianti industriali meccanici*; CLUP; Milano; 1990; ISBN 88-7005-882-4
14. Turco F.; *Principi generali di progettazione degli impianti industriali*; Clup; Milano; 1990; ISBN 88-7005-881-6



15. Brandolese A., Garretti M.: *Processi produttivi*; ed CLUP. 1982. Milano
16. Finzi L., Garretti M.: "Trasporto, stoccaggio e preparazione dei materiali sfusi", ed. CLUP 82, Milano.
17. de' Rossi F., Trezza B.; *Enciclopedia dell'ingegneria*, Volume III, Capitolo 10 *Produzione industriale ed economia*; Istituto Editoriale Internazionale; Milano; 1973.
18. Valentinetti A.: *La pratica amministrativa e contabile nella condotta di opere pubbliche*; Vannini editrice; Gussago (BS), 2001
19. Cammarata G.: *Impianti termotecnici*; Università di Catania, Dipartimento di Ingegneria Industriale e Meccanica, Sezione di Energetica industriale ed Ambientale, Catania, 2003

3. Generalità

3.1 **Scopo e ambito di interesse della disciplina**

3.1.1 **L'impianto**

L'impianto industriale è composto da quell'insieme di beni di uso durevole (edifici, macchinari, attrezzature) che vengono impiegati dall'Impresa come strumenti di produzione.

La costituzione o l'espansione della capacità produttiva dell'Impresa implica investimenti duraturi, le cosiddette immobilizzazioni tecniche, il cui valore rappresenta spesso una parte rilevante delle attività patrimoniali e condiziona perciò la competitività di lungo periodo dell'Impresa stessa.

3.1.2 **L'ingegnere impiantista**

La funzione dell'ingegnere impiantista è quella di configurare nell'impianto lo strumento atto a realizzare una produzione specificata in termini di tipo, quantità, prezzo, tempestività di consegna del prodotto, e di realizzarlo idoneo a conseguire nel maggior grado possibile gli obiettivi, spesso di natura economica, della organizzazione in cui l'impianto stesso è inserito.

In questa azione l'impiantista è innanzi tutto capace di applicare nel mondo reale i concetti scientifici e le metodologie quantitative da lui maturate, realizzando iniziative nel concreto.

L'impiantista è dunque quel professionista che *"coordina in una sintesi organica le risorse tecniche, umane ed economiche necessarie alla realizzazione e alla gestione di sistemi tecnici da inserire in sistemi economici, produttivi e sociali di maggiore dimensione, come gli impianti di produzione [...] o gli impianti di servizio o qualunque altro sottosistema inserito in un impianto di produzione.*

*Per svolgere questo compito egli deve essere in grado di coprire un certo numero di competenze specialistiche, e soprattutto di "comprendere il linguaggio" ed essere sensibile ai "problemi" degli specialisti interessati alla realizzazione dell'impianto che si va compiendo"*¹.

La definizione data implica una estensione del campo di interesse e di competenza dell'impiantista fino a comprendere, oltre la progettazione e la realizzazione degli impianti, anche la loro gestione e conduzione.

Ciò è conseguenza in gran parte dell'accelerarsi dei fenomeni di obsolescenza e quindi dell'abbreviarsi della vita utile degli impianti, sicché prospettive di lungo termine, come la pianificazione e la progettazione tendono a confondersi con quelle di breve termine, come la gestione .

¹ Dornig e al.: "Figura e formazione dell'impiantista" - Impianti, settembre 1972, F. Angeli Editore, Milano.

Ne consegue che l'impianto deve essere progettato in vista di specifiche modalità di gestione, definite in anticipo rispetto alla fase di conduzione vera e propria, spesso contemporaneamente all'attività di progettazione, con processi logici sostanzialmente analoghi a questa.

Per svolgere adeguatamente i compiti rientranti nella propria area professionale, l'impiantista deve dunque possedere un vasto bagaglio di conoscenza in molte discipline; non necessariamente la formazione nelle singole discipline dovrà essere spinta fino a livello specialistico, ma dovrà essere assicurata una larga base culturale che consenta all'impiantista di attraversare, con ottica generalista, impostata più per problemi che per tecniche, le varie aree di competenza degli specialisti con cui egli dovrà dialogare e collaborare. Su tale base, che costituirà il patrimonio culturale fondamentale della figura dell'ingegnere impiantista, potranno e dovranno innestarsi uno o più settori la cui conoscenza sia approfondita a livello operativo o professionale: il conoscere a fondo, a livello specialistico, almeno un settore è indispensabile poiché permette all'impiantista di avere una misura dei problemi e delle difficoltà che ogni specialista affronta per svolgere il compito affidatogli in ogni suo dettaglio"².

Più in concreto, "si può dire che è opportuno che siano messe in luce tutte le implicazioni tecnico-economiche dei seguenti problemi e argomenti:

- aspetti ergonomici del rapporto uomo-macchina, (intercambiabilità dei singoli posti lavoro, sicurezza del personale, igiene del lavoro, costi della mano d'opera e suoi riflessi sul grado di meccanizzazione);
- manutenzione, sicurezza di esercizio, affidabilità;
- gestione delle scorte e programmazione della produzione;
- qualità della produzione e metodi per il suo controllo;
- installazione, costruzione e montaggio degli impianti e loro programmazione, tecniche di gestione dei contratti;
- ricerca e sviluppo, utilizzo dei brevetti e acquisizione di know-how;
- strumentazione e automazione degli impianti produttivi, telecomandi, collegamenti coi sistemi informativi;
- valutazione della vita economica dell'impianto (obsolescenza);
- previsione e analisi di mercato;
- caratteristiche tecnologiche dei principali settori industriali e descrizione dei processi di fabbricazione più importanti e dei relativi macchinari;
- principali trattamenti meccanici sui materiali;
- servizi di impianto fondamentali e loro collegamenti con le tecnologie;
- movimentazione dei materiali, magazzinaggio e trasporti interni.

All'impiantista dovranno anche essere forniti gli elementi per sapersi avvalere delle seguenti metodologie:

- metodi di valutazione di alternative e di redditività di investimenti in condizioni di certezza (attualizzazione) e di incertezza (alberi di decisione, metodi di Bayes, ecc.);
- metodi simulativi;

² Dornig e al.: "Figura e formazione dell'impiantista" - Impianti, settembre 1972, F. Angeli Editore, Milano.



- metodi di programmazione matematica (lineare e dinamica);
- metodi di rilevazione e controllo dei costi;
- metodi di analisi economica.

Messa in luce la figura dell'impiantista come professionista con competenze multidisciplinari e plurifunzionali (progetto, realizzazione, gestione, conduzione dell'impianto), interessa ora chiarire la funzione specifica della materia di cui ci occupiamo più da vicino, all'interno di questo quadro di riferimento generale.

L'intento è quello di essere innanzi tutto un supporto didattico al corso di Impianti Meccanici. Tale corso è centrato sugli aspetti più specificamente progettuali della formazione dell'ingegnere impiantista, e come tale si rivolge, per completezza di informazione e di formazione, a tutti gli allievi del Corso di Laurea in Ingegneria Industriale. Esso ha infatti l'importante funzione di fissare un quadro di riferimento per prefigurare ed interpretare la realtà dei sistemi produttivi nei quali molti ingegneri andranno ad operare, o con i quali essi avranno comunque a che fare qualora intraprendessero una attività nella consulenza aziendale o nell'engineering.

3.1.3 La progettazione impiantistica

Gli elementi principali del lavoro di progettazione sono sostanzialmente tre: il metodo, gli strumenti, l'esperienza

L'esperienza è rappresentata dall'accumulo di una serie di nozioni (memorizzate o no) che si acquisiscono nella pratica quotidiana.

Quanto agli strumenti, essi consistono nelle idee, nei concetti, nelle nozioni che formano il bagaglio culturale di ogni ingegnere, e che nella fattispecie sono costituite dalle conoscenze fondamentali di discipline come la Fisica Tecnica, l'Elettrotecnica, la Chimica Applicata, la Statistica, l'Economia industriale, le Macchine, la Meccanica Applicata, ecc.

Dei tre strumenti in precedenza richiamati, il metodo è precisamente quello che il corso di Impianti Meccanici si propone di fornire, ed al quale cerca di iniziare l'allievo ingegnere.

Qui occorre però dire subito cosa si intende per progettazione dal nostro punto di vista: la progettazione di sistemi produttivi complessi non è il dimensionamento o disegno delle macchine ed attrezzature, né tantomeno dei loro componenti ed organi elementari.

La conoscenza del funzionamento delle macchine è considerata utile per una più profonda comprensione dei fenomeni che si intendono controllare ma, agli effetti della progettazione degli impianti, la macchina, ed in genere ogni componente di impianto, interessa per la sua caratteristica

"esterna", cioè per le grandezze di ingresso e di uscita, e per le loro interazioni, più che per il modo in cui tali grandezze vengono elaborate (se in ingresso) o prodotte (se in uscita).

L'interazione con gli altri componenti che è carattere specifico dei sistemi produttivi, è quantificabile esclusivamente attraverso la conoscenza di tali caratteristiche. Il progettista di un impianto si limiterà a comporre, nel modo più rispondente agli obiettivi e ai vincoli dati, tali caratteristiche esterne, procedendo ad una scelta tra diversi componenti e più in generale tra diverse soluzioni, differenti in termini di caratteristiche esterne (produttività, efficienza, costi, affidabilità, flessibilità, etc.), dello stesso problema.

Il corso di Impianti Meccanici I è pertanto fortemente connotato in senso applicativo, in quanto non contempla l'introduzione di teorie del tutto nuove per l'allievo ingegnere, ma, basandosi sulle discipline che ne sono fondamento e di cui si è già detto, volge la sua attenzione al metodo di progettazione degli impianti.

3.2 Fondamenti dei sistemi produttivi

3.2.1 Definizione di impianto industriale

L'impianto industriale può essere definito come una *parte di una organizzazione complessa* (l'azienda) *in cui mediante opportuni mezzi si operano trasformazioni di natura tecnica su materie in ingresso per ottenere in uscita beni materiali o immateriali di maggiore valore per l'organizzazione.*

Gli elementi fondamentali di questa definizione sono:

- la presenza di trasformazioni di natura tecnica (fisica o chimica), con variazioni di composizione chimica, di stato fisico, di forma, di dimensioni, di peso, di volume delle materie in entrata, per ottenere in uscita altri beni materiali oppure servizi;
- il conseguimento di un maggior valore nei beni in uscita rispetto a quelli in entrata, come obiettivo principale dell'organizzazione in cui l'impianto industriale è inserito.

Secondo questa definizione è immediato che un'acciaieria, una cartiera, uno stabilimento per la produzione di autoveicoli presuppongono l'esistenza di un impianto industriale.

Nella definizione rientra però di diritto anche il complesso di mezzi tecnici atti non a produrre merci, ma servizi: è il caso delle imprese produttrici di servizi come ad esempio una mensa, un magazzino per la conservazione di merci deperibili, un ristorante, un ospedale, una centrale elettrica, un inceneritore ecc.

Ovvero, ciò che legittima la classificazione di un complesso di mezzi tecnici come impianto industriale non è tanto il fatto che vengano prodotte merci, cioè beni fisicamente tangibili (di consumo o strumentali), ma piuttosto il fatto che tali beni siano portatori di maggior valore o meglio di utilità sociale maggiore, dei fattori di input necessari a produrli. Secondo tale impostazione si deve

riconoscere che anche le organizzazioni produttrici di servizi, a patto che le trasformazioni avvengano per procedimenti tecnici, sono dotate di impianti industriali (si pensi ad esempio agli impianti aeroportuali per lo smistamento dei bagagli).

3.2.2 L'impianto come sistema

Si intende comunemente per *sistema un insieme di elementi, integrati e interagenti, ordinati per conseguire una meta comune.*

Per definire un sistema, non è dunque sufficiente un mero *insieme* di elementi, ma è necessario che essi siano *integrati*, ossia accomunati da un unico obiettivo, e *interagenti* e quindi esercitanti un'influenza reciproca. Così ad esempio, l'insieme degli oggetti dimenticati in una soffitta impolverata, non costituisce un sistema, in quanto mancano i requisiti di *integrazione* e *interazione*, risultando infatti generalmente impossibile individuare per tali elementi un obiettivo comune, se non forse quello di aumentare la confusione, ed essendo perciò impossibile definire delle interazioni.

Al contrario, il corpo umano può ritenersi a pieno titolo un *sistema*, essendo costituito da un insieme di elementi (*organi*), accomunati da un unico obiettivo (*lo svolgimento delle attività fisiologiche*), esercitanti un'influenza reciproca.

Un sistema è caratterizzato dal fatto che esso può considerarsi parte di un sistema di ordine superiore e scomponibile in sistemi di ordine inferiore (subsistemi) fino agli elementi base costitutivi.

Il sistema può essere chiuso o aperto: un sistema aperto è influenzato dai sistemi esterni, cioè dall'ambiente, e influenza l'ambiente attraverso una serie di scambi. Il flusso entrante nel sistema (*input*) e quello uscente (*output*) sono legati da relazioni che definiscono il comportamento del sistema che si considera. In altre parole, un sistema vive in un certo ambiente e in virtù di esso; il suo successo è determinato dal grado di integrazione con detto ambiente e dalla sua capacità di adattarsi alle mutevoli condizioni dello stesso.

In tale contesto l'industria, intesa, nel suo significato più ampio, come complesso di attività produttive, si presenta come un macrosistema in cui le singole imprese sono sistemi costituiti da un numero più o meno grande di subsistemi, funzionalmente collegati.

A tali insiemi sono applicabili i principi e i mezzi propri dell'ingegneria dei sistemi. È evidente che quest'ultima non rappresenta un fatto nuovo in senso assoluto. Tuttavia, atteso il rapido sviluppo del sistema industriale e la complessità dei problemi di realizzazione, gestione, trasformazione e ampliamento delle imprese, diventa fondamentale trattare la problematica propria degli impianti industriali secondo quelle posizioni concettuali sintetizzate nell'espressione *system approach* e quell'indirizzo mentale spesso indicato come *system thinking*, avvalendosi degli strumenti

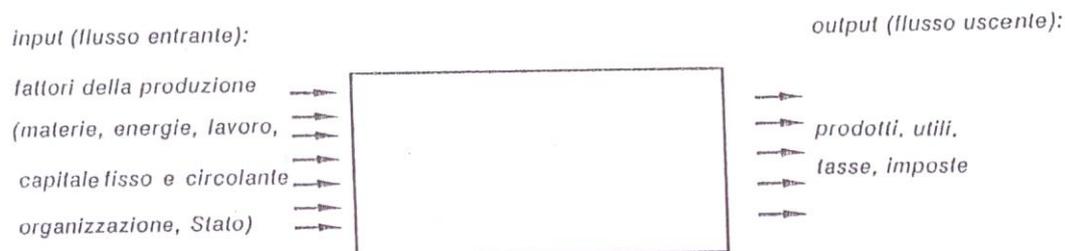
metodologici e operativi, che hanno dato e ricevuto impulso dall'ingegneria dei sistemi. Ciò anche in relazione al carattere prettamente interdisciplinare, precipuo della tematica degli impianti industriali, che è insito nella natura stessa della teoria dei sistemi.

Naturalmente le tecniche avanzate di calcolo e sperimentali vengono usate per valutare e quindi verificare solo quelle parti del sistema che sono importanti e (o) per le quali esistono dubbi ragionevoli. Sarà, pertanto, essenziale considerare il *sistema impianto industriale* come un complesso di elementi e subsistemi, differenziati per struttura e funzioni, interagenti (nel senso che mutamenti in uno o più di essi determinano mutamenti negli altri), e organizzati per raggiungere un prestabilito fine nella maniera più opportuna; ciò, oltre tutto, attraverso obiettivi intermedi, spesso tra loro contrastanti (per esempio, migliore qualità e minimo costo), tali da invocare i principi e i criteri di ottimizzazione.

Il sistema impianto industriale comprende strutture fisiche (fabbricati, mezzi di produzione, ecc.) e strutture concettuali (organizzazione, sistema informativo, sistema decisionale, sistema di controllo, ecc.). Esso può essere schematizzato come nella Figura 1

L'attenzione del progettista sarà volta innanzitutto all'esame del processo o procedimento, cioè del complesso di trasformazioni interposto tra il flusso entrante e quello uscente. Generalmente il ciclo di trasformazione potrà attuarsi attraverso procedimenti alternativi tra i quali la scelta viene fatta secondo criteri di valutazione, principalmente fondati sul costo, la qualità, l'affidabilità, la durata.

Figura 1 Schema del sistema impianto industriale



3.3 Classificazione delle attività industriali e delle relative strutture impiantistiche

All'interno di un impianto industriale è possibile generalmente distinguere:

- uno o più impianti di produzione o *tecnologici*;
- un certo numero di impianti *di servizio*.

L'*impianto tecnologico* è quell'insieme più o meno articolato di apparecchi, congegni, dispositivi, che costituisce una unità organica tecnologicamente individuata, nella quale vengono compiute le operazioni di trasformazione vera e propria delle materie prime in prodotto finito, con cui cioè si realizza il ciclo tecnologico.



Gli impianti tecnologici tuttavia non consentono di ottenere di per sé alcun prodotto: il loro funzionamento è possibile in virtù di altri impianti complementari, strettamente inseriti nella struttura complessiva, che utilizzano al loro interno un ciclo compiuto di trattamento di un servizio, che prendono perciò il nome di *impianti di servizio*.

Essi sono strettamente interconnessi tra loro e con gli impianti tecnologici, e spesso la loro entità in termini di macchinari e attrezzature, cioè di capitale investito, supera quella degli impianti tecnologici.

3.3.1 Impianti tecnologici

La progettazione degli impianti, l'organizzazione dei compiti e delle funzioni, la scelta e l'ordinamento dei mezzi di esercizio, in genere ogni problema attinente allo studio del progetto o alla gestione di un'industria, sono strettamente legati al tipo dell'industria stessa. Si accenna di seguito ad alcuni dei criteri di classificazione più ricorrenti, avvertendo che spesso è difficile inquadrare perfettamente un'industria in una delle classi indicate. Tuttavia un inquadramento, anche se approssimativo, potrà fornire utili indicazioni di carattere generale per la progettazione e l'organizzazione.

3.3.1.1 *Classificazione con riferimento al settore*

È opportuno premettere che le attività lavorative si possono suddividere in tre grandi settori.

Il *primario* è il settore economico che raggruppa tutte le attività in cui le materie prime ricavate in natura costituiscono già beni di consumo (direttamente fruibili) senza la necessità di apportarvi alcuna trasformazione. A tale settore afferiscono perciò le *colture*, sia quelle tradizionali che quelle biologiche, ma anche i *boschi* e i *pascoli*. Restano comprese le attività riguardanti l'allevamento e la trasformazione non industriale di alcuni prodotti (come formaggi fatti in casa, essiccazione del pesce ecc.). Altre attività sono l'irrigazione (per mezzo di dighe, canali, pozzi...), studi e sistemazione del suolo, ma anche interventi fitosanitari e zoonitari, costruzioni rurali, piccola viabilità. Infine si raggruppa in questo settore anche la caccia, la pesca e l'attività estrattiva.

Il *secondario* è il settore economico che comprende le attività finalizzate a realizzare delle trasformazioni sulle materie prime per ricavarne dei beni fruibili. Esso comprende l'attività di produzione industriale, compresa l'edilizia, e la produzione di energia.

Il *terziario* è il settore economico in cui si producono o forniscono servizi e comprende tutte quelle attività complementari e di ausilio alle attività dei settori primario (agricoltura) e secondario (industria) che vanno sotto il nome di servizi. In sostanza si occupa di prestazioni immateriali le quali possono essere incorporate o meno in un bene.

3.3.1.2 *Classificazione con riferimento all'assetto*

L'assetto *industriale* si differenzia da quello *artigianale* in quanto nel primo si tende ad attuare la massima divisione e meccanizzazione del lavoro e il costo del prodotto è determinabile attraverso l'analisi dei costituenti (materie, manodopera e spese generali), dai quali dipende secondo una legge di proporzionalità razionale.

Le industrie possono poi distinguersi *per grado di dinamizzazione*, inteso come l'indice della sostituzione dell'azionamento manuale con quello meccanico (eventualmente ottenuto per conversione di energia elettrica, termica, idrica, pneumatica ecc.), abitualmente espresso dalla potenza installata per operaio, e per *grado di meccanizzazione*, inteso come l'indice della sostituzione della produzione manuale con quella meccanica, a rappresentare il quale converrà assumere, caso per caso, particolari riferimenti (Figura 2).

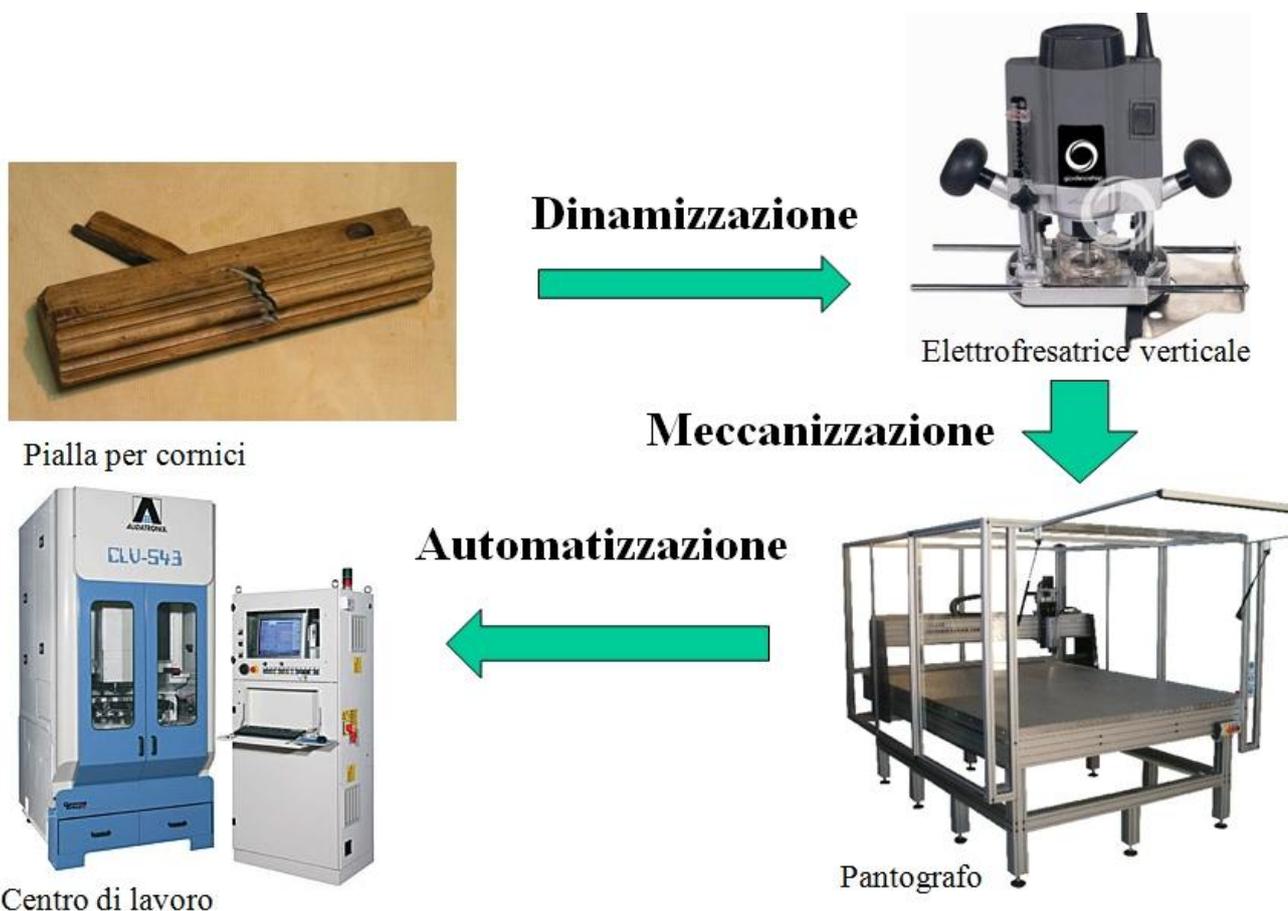


Figura 2 Evoluzione degli assetti produttivi

Tenuto conto dell'ampia diffusione dei dispositivi di controllo automatico che consentono alle macchine di controllare il procedimento di lavorazione e di agire, in base ai dati e alle informazioni che sono in grado di raccogliere e senza l'intervento dell'uomo, sul funzionamento del complesso in modo da mantenere e guidare lo svolgimento del procedimento di lavorazione entro i limiti di un

programma prestabilito, le industrie possono distinguersi anche per *grado di automazione*, inteso come l'indice della sostituzione delle macchine normali con macchine a funzionamento automatizzato.

Le aziende possono inoltre distinguersi in *monomile* e *polimile*, a seconda che abbiano uno solo o più stabilimenti industriali distinti. Queste ultime si diranno aziende ad *assetto orizzontale*, o *sistemi in parallelo*, se tali stabilimenti eseguono tutti una stessa singola parte di un ciclo di lavorazione, aziende ad *assetto verticale*, o *sistemi in serie*, se svolgono ciascuno una diversa parte del ciclo completo. I sistemi in serie si sottodistinguono in aziende a *sviluppo verticale ascendente* o *discendente* secondo che sviluppino le parti che precedono o quelle che seguono la parte d'interesse fondamentale per l'azienda (processo terminale). Quando, poi, un'azienda, generalmente ad assetto orizzontale, decide di utilizzare, per un diverso ciclo produttivo, i sottoprodotti, i cascami, gli scarti o rifiuti di cui dispone, si dice che l'azienda si sviluppa in senso *collaterale*.

3.3.1.3 *Classificazione con riferimento alla dimensione*

Si distinguono in *piccole, medie e grandi industrie* a seconda della capacità produttiva, del numero degli addetti, della consistenza del capitale fisso (investimento), del fatturato annuo, della potenza installata ecc (Tabella 1). Tuttavia nessuno di questi parametri riesce a individuare in pieno la dimensione aziendale, che meglio e più completamente potrà caratterizzarsi, almeno per gli scopi tecnici, attraverso la nozione di valore aggiunto, inteso come differenza tra il ricavo ottenibile dalla produzione, o tra il valore finale a essa attribuibile, e il costo delle materie impiegate per ottenerla.

Tabella 1 *Classificazione delle aziende in base alla dimensione*³

	dipendenti	fatturato	bilancio annuo
Piccole	<50	<7 M€	<5 M€
Medie	50 ÷ 250	7 M€ ÷ 40 M€	5 M€ ÷ 27 M€
Grandi	>250	> 40 M€	>27 M€

3.3.1.4 *Classificazione con riferimento al tipo di prodotto*

Si distinguono per raggruppamento in alimentari, chimiche, meccaniche, ecc.

Si possono ancora distinguere: *industrie producenti beni di consumo*, sottodistinte a seconda che soddisfino bisogni primari o secondari e quindi di investimento più o meno sicuro; *industrie producenti beni strumentali* e *industrie producenti servizi*.

Un'ulteriore importante distinzione può farsi tra industrie che producono *per il magazzino* e industrie che producono su *commessa*. Nel primo caso l'industria ha un proprio programma,

³ Disciplina comunitaria degli aiuti di stato alle piccole e medie imprese (96/c 213/04) pubblicata sulla Gazzetta ufficiale della Comunità Europea n. C 213 del 23/07/1996 (pag. 0004 – 0009).

qualitativo e quantitativo, di produzione e lo attua indipendentemente dalla quantità e contemporaneità degli ordini; essa acquisisce in tempi generalmente precedenti la vendita e i fattori di produzione occorrenti e procede alla elaborazione dei prodotti (prodotti standard). Siffatta situazione si caratterizza, dal punto di vista impiantistico, permettendo di considerare un programma di produzione ben definito e costante e di effettuare conseguentemente la scelta dei mezzi di esercizio e la loro disposizione. Dal punto di vista economico queste imprese lavorano in situazione di *rischio di mercato per le vendite*, nel senso che il prezzo del prodotto sarà completamente definito quando si procederà alla vendita e l'impresa realizzerà un beneficio più alto in caso di rialzo del prezzo rispetto a quello previsto, o una perdita in caso di ribasso.

Nelle industrie produttrici su commessa l'impresa definisce solo qualitativamente le lavorazioni che potrà svolgere e procede alla fabbricazione dei prodotti (prodotti speciali) solo dopo aver ricevuto gli ordini, sicché la vendita ha luogo prima d'iniziare la lavorazione. Dal punto di vista impiantistico, per queste industrie, si adotteranno mezzi e disposizioni meno specializzati, che consentano una certa flessibilità di produzione. Dal punto di vista economico l'impresa corre rischi di esercizio, nel senso che, avendo predefinito il prezzo prima dell'inizio della lavorazione, otterrà benefici più alti se i prezzi dei fattori produttivi tenderanno al ribasso, ma rischia una perdita se tenderanno al rialzo. Inoltre essa rischia anche in ordine al grado di produttività che riuscirà a raggiungere con le future lavorazioni. Naturalmente molte imprese lavorano in condizioni intermedie.

La copertura dei rischi di mercato può attuarsi, almeno in parte, procedendo a vendite a consegna differita o ottenendo garanzie di assorbimento a condizioni prefissate. La copertura dei rischi di esercizio si attua includendo nei contratti di vendita opportune clausole di revisione del prezzo, oppure, parzialmente, acquistando in anticipo quanto possibile dei fattori produttivi (essenzialmente le materie prime).

3.3.1.5 *Classificazione con riferimento alla quantità di materie o di prodotti*

Si distinguono industrie *monogeniche* e *poligeniche*, a seconda che trattino una sola materia (raffinerie di petrolio, distillerie, ecc.) o più materie (cartiere, cementifici, ecc.); *monopare* e *polipare*, a seconda che diano luogo a uno o più prodotti. Sono naturalmente possibili tutte le combinazioni.

3.3.1.6 *Classificazione con riferimento al ciclo di produzione*

Si dicono industrie *a ciclo chiuso* o *integrale* quelle che, partendo da materia prima grezza naturale, la elaborano fino a trasformarla in prodotto finito, direttamente utile ai bisogni dell'uomo (per esempio, industrie siderurgiche a ciclo integrale, complessi mulino-pastificio, ecc.). Si dicono industrie *a ciclo aperto* quelle che sviluppano solo una parte della lavorazione. Queste possono ulteriormente distinguersi in 1) *industrie di base (industrie di prima trasformazione, basic producer)*:

dalla materia naturale a un semilavorato; 2) *industrie raffinatrici (di seconda trasformazione o converter)*: da un semilavorato a un semilavorato più elaborato; 3) *industrie complete (di trasformazione finale o fabricator)* da un semi lavorato al prodotto finito.

Si dicono, poi, *industrie complementari* quelle che utilizzano i cascami, gli scarti, i rifiuti di altre industrie (per esempio sansifici, cementifici da loppa, ecc.), ovvero producono parti che verranno utilizzate da altre industrie per il montaggio. *Industrie sussidiarie*, si dicono, infine, quelle che producono beni o servizi occorrenti ad altre industrie (industrie di manutenzione, ecc.).

Altra distinzione può farsi tra: a) *industrie monolinee*, nelle quali la produzione si sviluppa linearmente lungo un circuito unico per tutti i prodotti (cementifici, laminazione, ecc.); b) *industrie sintetiche o convergenti*, nelle quali le materie e i semilavorati, provenienti dalle diverse fasi di lavorazione, e i componenti, provenienti dal magazzino, convergono su una sola linea di uscita (fabbricazione radio, televisori, linee di montaggio in genere, linee di imbottigliamento, ecc.); c) *industrie analitiche o divergenti*, nelle quali la materia iniziale si suddivide lungo il ciclo in più linee di lavorazione, che danno prodotti differenti (distillerie, raffinerie, ecc.); d) *industrie a cicli intrecciati*, nelle quali vengono elaborati prodotti molto diversi tra loro, utilizzando le macchine in successione diversa. Sono, poi, possibili tutte le combinazioni delle precedenti.

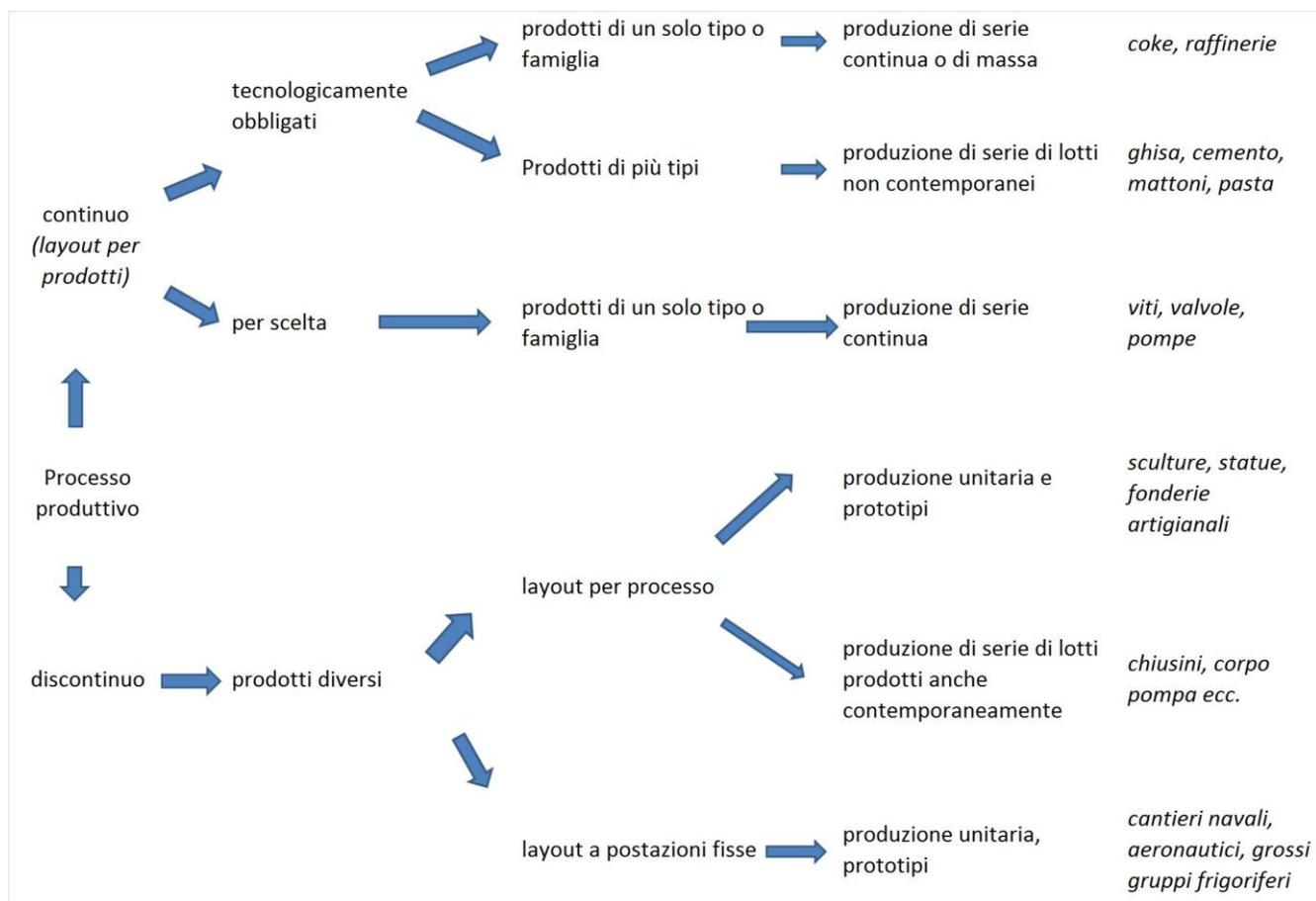
Ulteriore distinzione può farsi tra industrie *con processo continuo* e industrie *con processo discontinuo*. Nel primo caso si attuano processi di fabbricazione uniformi e costanti, almeno per tempi abbastanza lunghi, nei quali il flusso delle materie in lavorazione si svolge sempre in un senso predeterminato. In queste industrie la specifica tecnologia, che ne costituisce il presupposto, ha importanza fondamentale per la definizione dei relativi impianti di produzione, che possono, in tal senso, definirsi *impianti tecnologici*. Nel secondo caso gli impianti debbono, invece, essere abbastanza elastici per produrre diverse gamme e misure di prodotti, anche per mutamento del progetto del prodotto.

Con particolare riferimento alle industrie meccaniche questa classifica può ampliarsi come nella Figura 3, nella quale si indicano per ciascuna classe anche i tipi di produzione e di "layout" caratteristici. In essa si intendono per *tecnicamente obbligati* quei processi nei quali uniformità e costanza sono imposte dalla tecnologia di fabbricazione, mentre diventano *continui per scelta* quelli nei quali uniformità e costanza derivano da valutazioni di convenienza economica (lavorazioni meccaniche di serie continua); in questi ultimi un complesso di mezzi di produzione, che potrebbe svolgere più cicli, viene ordinato e attrezzato in modo da svolgerne uno solo.

3.3.1.7 *Classificazione con riferimento alla disposizione planimetrica.*

Si distinguono: 1) industrie con *disposizione per reparti* o *funzionale*, nelle quali i posti di lavoro sono raggruppati secondo l'attività che possono svolgere; 2) *industrie con disposizione in linea* o *a catena*, nelle quali i posti di lavoro sono sistemati in successione secondo la sequenza delle operazioni, che può essere in parallelo, in serie e con ritorni, senza o con deposito intermedio, a seconda dei tempi di lavorazione; 3) industrie con disposizione a posti fissi, nelle quali il prodotto resta in una determinata posizione, nella quale si svolgono lavorazioni e montaggi (fabbricazione di prodotti pesanti o voluminosi, costruzioni edili, ecc.).

Figura 3 *Classificazione delle industrie meccaniche riferita al ciclo di produzione*



3.3.1.8 *Classificazione con riferimento alla pericolosità o ad altre particolarità di esercizio*

Esistono varie classifiche, ma si ricordano particolarmente quelle relative alle industrie che presentano pericoli di incidente rilevante (incendio, esplosione, rischio chimico). Esse sono soggette a particolari norme tecniche relative all'ubicazione, alle zone di protezione, alla distanza dagli abitati, alle modalità costruttive dei fabbricati, alle modalità di installazione degli impianti e di disposizione dei reparti e magazzini, a speciali impianti di protezione. Per tali industrie deve anche ottenersi l'approvazione preventiva del progetto e la licenza di esercizio, prima dell'entrata in funzione dello

stabilimento, da parte di enti pubblici (per esempio i Vigili del fuoco), che esercitano anche controlli durante l'esercizio; il tutto con modalità e periodicità dipendenti dal grado di pericolosità dell'industria.

3.3.1.9 *Classificazione con riferimento alla forma giuridica.*

Sarà *impresa individuale*, se di proprietà di una sola persona, e *societaria*, se di più persone o di persona giuridica. "Con il contratto di società due o più persone conferiscono beni o servizi per l'esercizio in comune di una attività economica allo scopo di dividerne gli utili" (C.c. art. 2247).

Con riferimento al Codice Civile si distinguono: 1) *società semplice* (art. 2251 e segg.), in cui il contratto di costituzione non è soggetto a forme speciali e i soci rispondono, per le obbligazioni sociali, sia con il patrimonio sociale che personalmente e solidalmente; 2) *società in nome collettivo* (art.2291 e segg.), nella quale i soci rispondono solidalmente e illimitatamente; 3) *società in accomandita semplice* (art. 2313 e segg.), nella quale i soci accomandatari rispondono solidalmente e illimitatamente, mentre i soci accomandanti, che non possono essere amministratori, rispondono limitatamente alla quota conferita, che non può essere rappresentata da azioni; 4) *società per azioni* (art. 2325 e segg.), forma tipica delle grandi e medie imprese, nella quale le quote di partecipazione dei soci sono rappresentate da azioni e, per le obbligazioni sociali, risponde soltanto la società con il suo patrimonio; possono avervi partecipazione anche lo Stato ed Enti pubblici; 5) *società in accomandita per azioni* (art. 2462 e segg.), analoga a quella in accomandita semplice, ma con le quote dei soci rappresentate da azioni; 6) *società a responsabilità limitata* (art. 2472 e segg.), nella quale le quote di partecipazione dei soci possono essere di diverso importo e non possono essere rappresentate da azioni, mentre per le obbligazioni sociali risponde solo la società con il suo patrimonio; 7) *società cooperativa* (art. 2511 e segg.), che ha scopo mutualistico e può costituirsi come *società cooperativa a responsabilità illimitata* o a *responsabilità limitata*.

3.3.2 **Impianti di servizio**

Come si è detto nel paragrafo precedente, esistono e sono più o meno facilmente distinguibili, all'interno di un impianto industriale, insiemi di apparecchiature, congegni, dispositivi, non direttamente partecipanti alla produzione, ma finalizzati ad uno dei seguenti scopi:

- alimentazione di energia termica o elettrica agli impianti tecnologici;
- alimentazione e scarico di materiali solidi o di fluidi vari;
- realizzazione di condizioni ambientali idonee alla produzione o conservazione dei beni, e ad assicurare il benessere fisiologico ai lavoratori;
- realizzazione di condizioni di igiene e sicurezza, sia all'interno dell'impianto, sia nei confronti dell'ambiente esterno.

Impianti di questo tipo sono presenti in tutti gli stabilimenti industriali (ed anche fuori dall'ambito industriale) e la loro concezione e struttura è del tutto generale ed indipendente dalla

particolare tecnologia produttiva, anche se l'alternativa di progetto e il dimensionamento dei singoli componenti non possono prescindere da essa.

Una loro classificazione è possibile sotto tre profili diversi: *l'entità servita, il tipo, la funzione svolta*.

Circa *l'entità servita* possiamo distinguere tra *servizi per i mezzi produttivi* e *servizi per le persone*.

Circa il tipo distingueremo tra *servizi di alimentazione* e *servizi di scarico*. I primi hanno uno sviluppo per così dire centrifugo in quanto il servizio, prodotto da una unità centrale, viene distribuito nei punti di utilizzazione (es. energia elettrica, acqua industriale, vapore); i secondi hanno sviluppo centripeto in quanto il servizio viene "raccolto" dalle utenze e convogliato ad un centro di raccolta (es. effluenti liquidi).

Circa la funzione si può distinguere tra:

- servizi di produzione e distribuzione dell'energia (nelle sue varie forme: elettrica, termica, da fluidi in pressione);
- servizi di controllo delle condizioni ambientali di lavoro (riscaldamento, ventilazione, condizionamento, illuminazione, etc.);
- servizi di trasporto di materiali solidi;
- servizi di trasporto di materiali fluidi;
- servizi di interazione impianto-ambiente esterno (trattamento effluenti liquidi e gassosi, approvvigionamento e trattamento acqua industriale ecc.).

Ovviamente questa suddivisione in tipi è molto schematica; le interazioni sono infatti molto strette: ad esempio il trasporto di fluidi è presente come parte integrante del servizio distribuzione vapore, acqua industriale e trattamento effluenti; il servizio illuminazione è strettamente connesso al servizio elettrico; lo smaltimento del calore residuo in un impianto di produzione combinata vapore-energia o di condizionamento chiama in causa l'interazione impianto-ambiente.

Quanto allo schema generale di un servizio, è facile riconoscere tre componenti tipici:

- il collegamento servizio-utenza;
- le linee di distribuzione del servizio;
- il generatore dove ha origine il servizio, nei servizi centrifughi, e il punto di raccolta dove il servizio ha termine, in quelli centripeti.

Spesso una di queste parti componenti può anche mancare: è il caso del servizio illuminazione dove il mezzo di distribuzione è evanescente essendo la luce distribuita per irraggiamento e diffusione.

4. Progettazione delle industrie

4.1 Generalità

Lo studio e la progettazione di un impianto industriale vengono condotti attraverso l'esame di molteplici fattori, che devono strutturarsi insieme per dar luogo a un complesso non solo tecnicamente funzionante e rispondente ai fini per i quali è stato realizzato, ma anche economicamente conveniente. Infatti un investimento industriale comporta il consumo, in un avvenire prossimo, di risorse limitate nell'attesa di un vantaggio, che, nel caso più generale, può anche non essere finanziario, per un periodo di una determinata durata, sufficientemente lungo. Ogni progetto di un sistema di produzione, o di uno qualunque dei sottosistemi che lo compongono preso singolarmente, deve pertanto essere verificato dal punto di vista della convenienza economica, sia in senso assoluto, sia come scelta fra più soluzioni possibili.

Tale indagine è indispensabile sia per gli investimenti privati, per i quali la redditività dell'investimento costituisce lo scopo dell'iniziativa, sia per gli investimenti pubblici, per i quali alla redditività sono legati la riduzione dei costi o l'aumento dei vantaggi dei quali potrà beneficiare la collettività. L'elaborazione del progetto è un processo iterativo, nel quale si succedono e si combinano varie fasi, mutuamente interagenti e quindi senza una precisa successione cronologica, ma per le principali delle quali si ricorderanno gli scopi, i campi di indagine e i metodi di studio usati. Tali fasi vanno perciò considerate piuttosto come momenti logici, dalla combinazione dei quali scaturisce la progettazione. Essa, per la natura stessa dell'impianto industriale, si articola nell'espletamento di una serie di compiti, per ciascuno dei quali, nei casi più importanti, sarà necessario ricorrere a specialisti del settore particolare, i quali opereranno sotto la guida e il coordinamento di un capo gruppo responsabile.

4.2 Progetti fondamentali

Ogni processo razionale e finalizzato, si sviluppa nei seguenti punti fondamentali:

- a) limitazione e definizione degli obiettivi;
- b) studio e scelta dei mezzi da adottare per conseguire le finalità prefissate;
- c) preparazione dei mezzi necessari;
- d) svolgimento delle azioni decise secondo il piano stabilito;
- e) controllo dei risultati ed esame delle conseguenze.

Nel caso particolare della progettazione di un sistema produttivo occorre analizzare i seguenti interrogativi fondamentali: che cosa produrre? In quale tempo? In quale quantità? In quale modo e con quali mezzi? In quale luogo? A detti interrogativi si risponde scindendo il progetto generale nella elaborazione di separati sottoprogetti (vedi Tabella 2).

Tabella 2 Compendio dei sottoprogetti di un progetto di impianto industriale

PROGETTO	<i>finanziario</i> Settore produttivo, quantità, assortimento, prezzo, capitali occorrenti, ubicazione.
	<i>costruttivo (o imprenditoriale)</i> Analisi e definizione tecnica del prodotto.
	<i>produttivo (o logistico)</i> Studio e/o scelta del processo produttivo, dei mezzi di esercizio, del layout, delle fabbricazioni. Analisi costi, sistema informativo, gestioni ausiliarie.
	<i>architettonico</i> Suolo, sistemazioni generali, fabbricati per lavorazioni e magazzini, per i servizi generali, servizi sociali, uffici. Impianti e arredamenti fissi.
	<i>commerciale</i> Distribuzione, vendita, assistenza clienti, pubblicità.

4.2.1 Progetto finanziario

Nel progetto finanziario si concreta l'idea relativa ai beni o servizi da produrre, si sceglie la ubicazione geografica, si indaga sulle possibilità di mercato e, in concomitanza con i progetti che seguono, si determinano i necessari impegni finanziari e la composizione del capitale da investire.

4.2.2 Progetto costruttivo

Nel progetto costruttivo si precisano tutte le caratteristiche del bene o servizio da produrre.

4.2.3 Progetto produttivo

Nel progetto produttivo si definisce il processo di produzione, si individuano i mezzi e l'organizzazione per attuarlo e si valutano i costi relativi. Appartiene evidentemente a tale fase il progetto del sistema informativo, la cui importanza sarà commisurata alla dimensione e al livello tecnologico dell'impresa.

4.2.4 Progetto architettonico

Nel progetto architettonico, sulla base degli elementi acquisiti nelle fasi precedenti, si caratterizzano i fabbricati di ogni tipo, si definiscono i relativi impianti fissi e si deduce il suolo occorrente, precisandone la sistemazione.

4.2.5 Progetto commerciale

Nel progetto commerciale si definiscono le più idonee politiche di pubblicità, distribuzione e vendita in relazione alla consistenza del mercato nello spazio e nel tempo.

4.3 Engineering (Società d'ingegneria)

Nella Tabella 3 si compendiano le attività più importanti connesse allo studio degli impianti industriali. In essa è stata introdotta l'*engineering*, funzione che comprende lo studio, l'organizzazione, lo sviluppo, l'utilizzo e il controllo di tutti gli strumenti umani e materiali necessari per realizzare un'opera fisica e (o) una struttura produttiva, e assicurarne il funzionamento efficiente secondo lo scopo prestabilito. Questa funzione in Italia viene chiamata *organizzazione dell'ingegneria o ingegneria*.

Tabella 3 Compendio delle attività connesse allo studio degli impianti industriali

ENGINEERING	studi di fattibilità		PER		
	studi ubicazionali				
	PROGETTO	commerciale		di larga massima	progettazione ex novo
		architettonico		di massima	riprogettazione totale o parziale per:
		produttivo			conversioni e riconversioni,
		costruttivo		esecutivo	ammodernamenti (investimenti di produttività),
	finanziario	ampliamenti (investimenti di produzione),			
	capitolati, acquisti e collaudi			fusione di impianti,	
	contratti di appalto			trasferimenti,	
	gestione dell'esecuzione dell'impianto				
	avanzamento progettazione e forniture			investimenti di sicurezza.	
	controllo costi				
	assistenza durante l'avviamento				

A esercitare tale funzione, della quale la progettazione, a tutti i livelli, è solo una parte, sono sorte soprattutto nei settori siderurgico, metallurgico e chimico, apposite *società di ingegneria*, costituite da esperti di ogni settore e configurate con una propria fisionomia giuridica tale da dare al gruppo struttura organizzativa, capacità economica e finanziaria e responsabilità collettiva, le cui attività sono di volta in volta coordinate da un direttore del progetto (*project manager*). Tra i contratti tipici fondamentali possibili tra il committente e una società di ingegneria si ricordano:

- il *contratto in economia (cost plus fee)*, per il quale vengono rimborsate alla società le spese effettive e viene corrisposto un onorario concordato;
- il *contratto a somma fissa (lump sum)*, che prevede un compenso a corpo, comprensivo di spese, eventualmente pagabili a stadi di prestazione;
- il *contratto a percentuale*, che prevede un compenso da determinarsi secondo una prestabilita percentuale del valore dell'opera;
- il *contratto chiavi in mano, somma fissa (turn-key, lump sum)*, proprio delle società di grandi dimensioni, per il quale la società si impegna a consegnare al committente l'impianto funzionante, secondo precise descrizioni e con garanzie ben definite, contro corresponsione di una somma prefissata, comprensiva di spese, costi e onorari. Tale formula è, per molti aspetti, simile all'appalto-concorso, spesso usato per la costruzione di opere pubbliche.

Tra i servizi che le società di ingegneria possono fornire, i principali dei quali appaiono nella Tabella 3, si notano gli *studi di fattibilità* e la *gestione del lavoro*, che possono essere svolti anche indipendentemente dall'esistenza della società di *engineering*. Lo *studio di fattibilità (feasibility study)* comprende quell'insieme di indagini finanziarie, tecniche ed economiche, che vengono svolte preliminarmente per offrire al committente un panorama organico della situazione, che egli intende affrontare, e consentirgli di prendere le proprie decisioni di investimento sulla base di informazioni il più possibile complete e quantitative, e con rischio calcolato. Esso è possibile per uno qualunque degli scopi indicati nell'ultima colonna della Tabella 3 e, naturalmente, potrà effettuarsi in modo più o meno esteso, analitico e documentato, a seconda delle esigenze, relativamente a tutte o a parte delle fasi della progettazione. La gestione del lavoro si occupa della predisposizione e dell'utilizzazione di norme, procedure ed esperienze atte a guidare e controllare il lavoro dall'inizio al termine; la direzione dei lavori, come viene abitualmente intesa, è la parte della gestione del lavoro che si occupa del cantiere di costruzione.

4.4 Disponibilità.

Nella progettazione di un impianto o di un suo subsistema, non si può prescindere dalla considerazione dei guasti a cui esso sarà inevitabilmente soggetto durante la sua vita utile, né dalle operazioni di manutenzione a cui verrà assoggettato per conservarne nel tempo l'efficienza e l'integrità. L'esecuzione di tali operazioni richiederà dei tempi più o meno lunghi durante i quali il sistema non sarà disponibile per la produzione, con delle ripercussioni ovviamente negative sugli utili o sul servizio reso. Tali aspetti possono essere descritti introducendo il concetto di disponibilità.

Con riferimento ad un qual si voglia impianto produttivo e a un periodo di osservazione T_T , si possono individuare i seguenti stati del sistema riportati unitamente alla denominazione dei pertinenti periodi di tempo:

Tabella 4 Stati di un impianto in determinato periodo di osservazione T_T

Impianto correttamente in produzione	T_F	Tempo di effettivo funzionamento
Impianto in grado di funzionare ma mantenuto intenzionalmente fermo per riserva	T_R	Tempo di riserva
Impianto fermo per avaria	T_A	Tempo di avaria
Impianto fermo per manutenzione	T_M	Tempo di manutenzione

Si definisce fattore di disponibilità del sistema il rapporto tra il tempo in cui l'impianto è in produzione (o è comunque in grado produrre) e il tempo totale di osservazione.

$$ID = \frac{T_F + T_R}{T_T}$$

La disponibilità di un impianto, espressa tramite il relativo fattore minore o tutt'al più uguale a uno, incide la potenzialità dell'impianto riducendola proporzionalmente. Così, per un impianto di agglomerazione di minerale di ferro, caratterizzato da un indice di disponibilità pari al 85% e da una potenzialità oraria nominale di 60 t/h, la potenzialità annua effettiva risulterà pari a $60 \times 24 \times 365 \times 0,85 = 446.760$ t/anno.

Sulla disponibilità dell'impianto incidono diversi fattori quali l'affidabilità, la manutenibilità e la ridondanza che di seguito vengono sommariamente presentati.

4.4.1 Affidabilità

Il *grado di affidabilità* esprime la capacità di un sistema di conservarsi efficiente nel corso del suo esercizio, esprime cioè la probabilità che il sistema funzioni correttamente, nelle condizioni di impiego prestabilite, per un determinato intervallo di tempo, detto *tempo di missione*.

Progettare un impianto in termini di affidabilità significa, quindi, scegliere i vari componenti, assieparli e organizzarli in modo da garantire, entro prefissati limiti probabilistici, che il sistema da essi costituito abbia un predeterminato *grado di disponibilità*; risulti, cioè, pronto a funzionare in maniera efficiente per il tempo voluto, nel senso di fornire in tale tempo le previste prestazioni qualitative e quantitative senza interruzioni. Si potranno per questa via scegliere i componenti in modo che l'affidabilità dei singoli sia proporzionata a quella del sistema, evitando costosi eccessi di qualità in alcuni, non giustificati dal livello di affidabilità degli altri. Si potranno, inoltre, valutare meglio le alternative di progetto del sistema e soprattutto dei subsistemi, l'opportunità di suddividere una linea in due o più linee in parallelo (frazionamento della potenzialità installata), l'opportunità di prevedere riserve di mezzi di esercizio, il grado di sovrabbondanza di potenzialità produttiva (ridondanza) delle unità più idoneo alle necessità della produzione, ecc.

La scelta del grado di affidabilità da adottare per un progetto, quando si possa prescindere da considerazioni attinenti alla sicurezza degli uomini o la salvaguardia dell'ambiente, può farsi con

valutazioni economiche, essendo evidente che un aumento di affidabilità può risultare non sempre economicamente conveniente. Il problema può porsi in termini di confronto fra il costo della maggiore affidabilità e quello delle interruzioni o riduzioni di produzione provocate dai guasti.

Scrivendo l'equazione di redditività di un impianto nella forma:

$$U = R - S_F - S_V \quad (1.1)$$

dove U è l'utile, R il ricavo, S_F le spese fisse e S_V le spese variabili, risulta evidente che tale redditività dipende dall'affidabilità dell'impianto, valutabile mediante un coefficiente $\gamma \leq 1$, definito come rapporto fra il tempo di effettiva produzione e il tempo previsto per la produzione. Introducendo γ nella (1.1), può scriversi:

$$(R - S_V) \gamma - S_F = U \quad (1.2)$$

Se, per passare da γ a γ_1 , con $\gamma_1 > \gamma$, si aumentano gli investimenti, sicché si passa da S_F a $S_F(1 + \delta)$, la (1.2), per la nuova situazione, si scriverà:

$$(R - S_V) \gamma_1 - S_F (1 + \delta) = U \quad (1.3)$$

differenziando la quale si ottiene:

$$d\gamma_1 \left(1 - \frac{S_V}{R}\right) - \frac{S_F}{R} d\delta = \frac{dU}{R}$$

e, supponendo l'impianto in condizioni di sfruttamento ottimo, sicché $dU/R = 0$, si ricava:

$$\frac{d\gamma_1}{d\delta} = \frac{S_F/R}{1 - S_V/R}$$

dalla quale si deduce che solo quando

$$\frac{d\gamma_1}{d\delta} > \frac{S_F}{R} \cdot \frac{1}{1 - \frac{S_V}{R}}$$

si ha convenienza a elevare l'affidabilità del sistema.

4.4.2 Manutenibilità.

La disponibilità del sistema, oltre che dall'affidabilità, dipende anche dalla *manutenibilità* e dalla *rifornibilità* proprie del sistema stesso; in altre parole essa è funzione del tempo medio prevedibile tra due guasti successivi T_a (*affidabilità*), del tempo medio necessari o per la riparazione del guasto T_m (*manutenibilità*) e del tempo medio di attesa per i ricambi T_r (*rifornibilità*). Queste ultime caratteristiche del sistema sono anche esse prevedibili in fase di progetto e da esso sono condizionabili, nel senso che è possibile fin dalla fase di progetto scegliere i componenti e assiemarli in modo che si individuino e si diagnosticano rapidamente, se non addirittura automaticamente, il guasto

verificatosi e lo si possa riparare nel più breve tempo possibile, con sostituzione eventuale della parte avariata (che verrà riparata successivamente e tenuta disponibile a magazzino), nelle condizioni ambientali in cui, in fase operativa, sarà eseguita la manutenzione secondo la più opportuna politica, che può definirsi già al momento della progettazione.

Come visto in precedenza (par. 4.4), la disponibilità del sistema può esprimersi attraverso un indice ID , che, in termini diversi dai precedenti ma con analoghi risultati, risulta così definibile

$$ID = \frac{T_a}{T_a + T_m + T_r}$$

È evidente quindi che *affidabilità* e *manutenibilità* sono fra loro sostituibili, nel senso che aumentando la prima si può ridurre la seconda e viceversa, a parità di voluta *disponibilità* del sistema. Il problema, per una assegnata *disponibilità* (ID), si pone quindi al progettista in termini di ricerca della più conveniente combinazione di T_a (*affidabilità*) e $(T_m + T_r)$ *manutenibilità* nei limiti imposti dalle risorse disponibili.

In altri termini, assegnato un determinato indice di utilizzabilità, una soluzione progettuale che comporti elevati tempi di manutenibilità deve necessariamente prevedere una componentistica estremamente affidabile (e quindi un tempo di affidabilità estremamente elevato). Per contro, una soluzione progettuale che ammetta componenti meno affidabili (e in genere a più buon mercato), dovrà necessariamente essere caratterizzata da tempi di manutenibilità contenuti, conseguibili sia mantenendo a magazzino un'adeguata scorta di pezzi di ricambio (per abbattere il tempo di rifornibilità) che adottando delle soluzioni costruttive capaci di contenere i tempi di intervento.

4.4.3 Ridondanza

Altra soluzione al raggiungimento dell'assegnata disponibilità può trovarsi nel dare al sistema una certa *ridondanza*, cioè nell'inserire opportunamente n componenti di un certo tipo in un sistema che ne richiede solo m per funzionare correttamente ($n > m$), sicché $(n - m)$ è il numero di unità ridondanti. Anche in questo caso la soluzione più conveniente potrà cercarsi attraverso considerazioni economiche.

Con riferimento alla realizzazione di una stazione di pompaggio di acqua industriale della portata nominale di $90 \text{ m}^3/\text{h}$ e della prevalenza di 22 m c.a. , di seguito si riportano in forma tabellare le diverse soluzioni ipotizzabili unitamente al relativo grado di ridondanza e frazionamento (vedi paragrafo 4.6.3.4 di pagina 44)

Tabella 5 Soluzioni con diverso grado di ridondanza per la realizzazione di una stazione di pompaggio della portata nominale di $90 \text{ m}^3/\text{h}$ e della prevalenza di 22 m c.a.

N°	Descrizione	ridondanza	Frazionamento
1	1 pompa da $90 \text{ m}^3/\text{h}$ e 22 m c.a.	0.0	Nullo
2	2 pompe da $45 \text{ m}^3/\text{h}$ e 22 m c.a. ciascuna	0.0	Su due linee uguali
3	3 pompe da $45 \text{ m}^3/\text{h}$ e 22 m c.a. ciascuna (due in esercizio e una in riserva)	0.5	Su due linee
4	2 pompe da $90 \text{ m}^3/\text{h}$ e 22 m c.a. ciascuna (una in es. e l'altra in riserva)	1.0	Nullo

4.5 Scelta della dimensione aziendale: presentazione ed analisi dei parametri più influenti

4.5.1 Generalità

L'impianto industriale è parte integrante dell'attività economica dell'azienda a cui appartiene e, come tale, è inevitabilmente destinato a condizionarla. I costi del capitale necessari alla sua realizzazione possono infatti gravare sul bilancio aziendale prima ancora che si dia luogo alla produzione e che da essa scaturiscano, tramite le vendite, i ricavi. Da questi si otterranno gli eventuali utili dopo averne dedotto non solo gli ammortamenti (*costi del capitale*), ma anche gli ulteriori costi conseguenti alla produzione (*costi di esercizio*), quali quelli relativi alle materie prime, alla manodopera, agli imballaggi, alle spese generali ecc.

È del tutto evidente poi che gli utili dipenderanno non solo dai costi ma anche dal prezzo di vendita del bene o del servizio prodotto che è assoggettato alla variabilità del mercato di riferimento.

I fattori in precedenza esposti risentono tutti, anche se in diversa misura, dalla potenzialità prescelta per l'impianto che costituisce perciò un fattore chiave di competitività e che deve essere attentamente individuato in base alle considerazioni che seguono.

4.5.2 Analisi del mercato e definizione del volume di produzione

Preliminarmente all'avvio di un'attività imprenditoriale volta alla creazione di un determinato prodotto è giusto e doveroso chiedersi se ed eventualmente in quale misura esso susciterà l'interesse del pubblico a cui è destinato. Qualora poi il genere di prodotto prescelto risulti già presente sul mercato, sarà interessante conoscerne il prezzo medio e le eventuali variazioni in relazione all'offerta. Se ancora il prodotto è di largo consumo, bisognerà considerare le possibilità economiche dei consumatori in relazione alla congiuntura economica.

Solo a fronte di tali dati sarà possibile definire degli obiettivi di *copertura della domanda*, in termini percentuali, che dovranno essere ovviamente supportati da una politica pubblicitaria e di distribuzione adeguata agli obiettivi che ci si pone.

4.5.2.1 *Indagini di mercato*

Le problematiche in precedenza esposte trovano trattazione nelle così dette *indagini di mercato*, condotte da specialisti sulla base di analisi statistiche, economiche, sociologiche, psicologiche ecc. L'indagine è in genere tanto più difficile quanto più il bene risulta di largo consumo e di grande concorrenza. In linea di principio si può affermare che l'assorbimento del mercato tende a crescere con l'abbassarsi dei prezzi di vendita⁴ o con il migliorare del tenore di vita della popolazione⁵. La legge della domanda e dell'offerta domina sempre il mercato salvo periodi particolari (ad esempio conflitti) ai quali possono seguire periodi di crisi per sovrapproduzione dovuta ad investimenti eccessivi in determinati settori. Altri fattori particolari possono turbare i mercati, ad esempio leggi edilizie che possono influenzare, in un senso o nell'altro, la richiesta dei numerosi prodotti connessi all'edilizia.

L'*indagine di mercato* fornirà prospettive, immediate e future, sulla possibilità di vendita, sulla sua entità e sui possibili realizzi che ne conseguono. Di seguito si esaminano i principali aspetti che condizionano la domanda di un determinato bene.

4.5.2.2 *Analisi congiunturale*⁶

L'economia di una nazione tende a crescere nel tempo, con un progressivo sviluppo della produzione e del reddito. Tuttavia, la crescita non avviene in modo regolare, bensì attraverso continue oscillazioni, o fluttuazioni di breve o medio periodo che costituiscono il ciclo economico. La particolare situazione che un'economia attraversa nel corso dei suoi movimenti ciclici viene spesso indicata come *congiuntura*, con un termine il cui significato non è definibile in modo rigoroso.

Quando quasi tutti gli *indicatori economici* attraversano una fase di crescita, si dice che la congiuntura è favorevole, o positiva; tale situazione corrisponde, nell'analisi del ciclo, a un periodo di espansione. Quando, invece, buona parte degli indicatori ristagnano o diminuiscono, si dice che la congiuntura è negativa; nel caso la fase di contrazione dell'economia superi una durata convenzionale (dell'ordine dei due trimestri) si dice che l'economia attraversa una situazione di recessione (vedi Figura 4).

Gli *indicatori congiunturali* possono appartenere a due grandi famiglie: A) quelli che registrano le attese dei consumatori e delle imprese e tendono ad anticiparne i comportamenti futuri (i

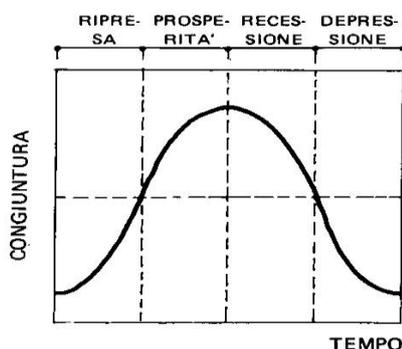
⁴ Si pensi al proposito al recente sviluppo che ha conosciuto il mercato dei televisori a cristalli liquidi che, grazie al calo dei prezzi, sono passati da oggetti *status-symbol* a strumenti di uso quotidiano alla portata di tutti.

⁵ Tale fenomeno che nel secondo dopoguerra caratterizzò l'occidente in genere (e l'Italia in particolare), interessa oggi i paesi emergenti (Cina e India in particolare) che, grazie ai numeri a 9 cifre necessari a descrivere la numerosità della popolazione, costituiscono perciò dei mercati dalle straordinarie opportunità di sviluppo.

⁶ Fonte: ISTAT - Istituto Nazionale di Statistica

cosiddetti *indicatori di clima di fiducia*, prodotti in Italia dall'Isae (Istituto di studi e analisi economica); B) quelli che misurano *tempestivamente* (con cadenza mensile o trimestrale) la dinamica effettiva di variabili rilevanti per la comprensione della recente evoluzione dell'economia.

Figura 4 Andamento tipico della congiuntura



Il principale indicatore mensile relativo all'andamento dell'attività è *l'indice della produzione industriale* che misura, appunto, l'evoluzione dell'output dell'industria in senso stretto; l'andamento del medesimo settore è monitorato anche dagli *indicatori del fatturato* e degli *ordinativi*.

Nell'ambito della contabilità nazionale, il dato più importante per l'individuazione dello stato della congiuntura riguarda *l'andamento del prodotto interno lordo (PIL)*, cioè il valore dei beni e servizi prodotti in un paese al lordo degli ammortamenti e al netto dei beni intermedi.

A parte la difficoltà di conoscere con precisione la fase congiunturale che un Paese sta attraversando nel momento in cui si effettua la ricerca di mercato, è chiaro che i risultati ottenuti con tale ricerca sono influenzati dalla congiuntura. Una prima correzione della capacità di assorbimento di un prodotto da parte di un mercato, può rendersi necessaria per tener conto dell'influenza della congiuntura.

Per inciso si rileva che, in condizioni di stabilità valutaria, costruire un nuovo stabilimento in fase di recessione o di depressione, significa generalmente spendere meno in fabbricati ed impianti (e quindi avere costi di fabbricazione minori). Motivi diametralmente opposti, dovrebbero consigliare maggiore cautela nel caso degli investimenti fatti nella fase più alta di prosperità.

4.5.2.3 *Previsione sull'andamento futuro della domanda*

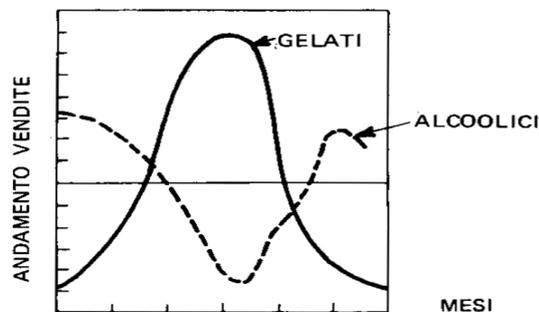
Oltre a tener conto dell'influenza della congiuntura, è necessario fare delle previsioni sull'*andamento futuro della domanda* da parte del mercato (tenendo anche conto della concorrenza esistente o prevedibile nel settore interessato). Infatti, un'azienda sana e ben organizzata dovrebbe aumentare, con il tempo, la sua produzione: pertanto, sin dall'impostazione della progettazione del nuovo stabilimento, si dovrà tener conto di questo fatto.

Analogamente, se fosse prevedibile una diminuzione futura dell'assorbimento del nuovo prodotto da parte del mercato, si dovrebbe scegliere il metodo di lavorazione che meglio risponde a tale prospettiva.

4.5.2.4 *Fattori stagionali*

Anche la variazione stagionale della domanda (Figura 5) deve essere tenuta presente in vista della decisione sulla potenzialità da richiedere agli impianti: ciò non solo per evitare di produrre in perdita, ma anche in relazione ai quantitativi di beni di cui prevedere l'immagazzinamento. Tale variazione a volte è così sensibile nell'arco dell'anno, da consigliare l'introduzione di produzioni complementari atte a saturare in modo soddisfacente la manodopera aziendale.

Figura 5 Variazione stagionale della produzione di gelati ed alcolici



4.5.3 *Costi di impianto*

Lo studio preliminare di un processo produttivo si deve concludere quasi sempre con un esame dei costi di impianto e di esercizio in modo che si possa formulare alla fine un costo preventivo del prodotto. Questo costo può essere più o meno noto in base a notizie raccolte presso industrie similari; tuttavia è utile compilarlo di nuovo per tenere conto delle varianti nei sistemi di produzione e dell'incidenza degli impianti fissi (fabbricati e terreni compresi) il cui costo deve essere aggiornato.

Quando si tratta di prodotti nuovi non si hanno costi di riferimento per cui è d'obbligo lo studio preventivo dei costi. Questi si possono suddividere in due grandi categorie: *costi di esercizio* e *costi del capitale*.

4.5.3.1 *Costi preventivi di esercizio*

Le voci che concorrono alla formazione dei costi di esercizio sono numerose e possono così riassumersi:

- Costo delle materie prime e dei materiali accessori alle lavorazioni, compresi i trasporti;
- Costo delle energie (termica, elettrica ecc);
- Costo degli imballaggi;
- Costo della manodopera
- Oneri sociali relativi alla manodopera;
- Manutenzioni;

- Spese generali (dirigenti, impiegati, imposte e tasse, spese di amministrazione, provvigioni ecc.)

Si tratta di un lavoro delicato e difficile anche perché dovrebbe essere eseguito per diverse potenzialità produttive, in quanto, in sede preliminare, non si può ancora stabilire la quantità del bene da produrre.

4.5.3.2 *Costi del capitale*

Alla formazione dei costi dei prodotti partecipa anche il capitale. L'onere è costituito sia dall'interesse che compete al capitale stesso in virtù del relativo *tasso*, sia dalla quota di ammortamento.

Il capitale (impiegato o preso a prestito) deve essere rimborsato in un certo periodo di tempo e comunque una quota degli utili deve essere accantonata per future necessità dell'Azienda (sostituzione di macchine ed impianti). Infatti una macchina od un impianto vengono deprezzati con il tempo per *deprezzamento fisico (od organico)* a causa dell'usura e del deterioramento che ne diminuiscono progressivamente l'efficienza e la disponibilità, o per *obsolescenza tecnica* a causa del deperimento economico e tecnico dovuto all'immissione sul mercato di un altro impianto avente migliori caratteristiche tecniche (ad esempio maggior capacità produttiva, migliori caratteristiche di sicurezza ecc.).

Tra i metodi di calcolo dell'*ammortamento* ricordiamo i seguenti, ove i simboli hanno il noto significato:

Tabella 6 metodi di ammortamento

Denominazione	montante	Quota annua intermedia	Ultima quota annua
Interesse semplice	$C \cdot (1 + n \cdot i)$	$C \cdot i$	$C \cdot (1 + i)$
Quote di capitale costante	$\sum_1^n \frac{C}{n} + \left(C - (a-1) \frac{C}{n} \right) \cdot i$	$\frac{C}{n} + \left(C - (a-1) \frac{C}{n} \right) \cdot i$	$\frac{C}{n} \cdot (1 + i)$
Interesse composto	$C \cdot (1 + i)^n$	0	$C \cdot (1 + i)^n$
Quota annuale costante	$n \cdot C \cdot \frac{(1 + i)^n \cdot i}{(1 + i)^n - 1}$	$C \cdot \frac{(1 + i)^n \cdot i}{(1 + i)^n - 1}$	$C \cdot \frac{(1 + i)^n \cdot i}{(1 + i)^n - 1}$

È bene ricordare che le quote di ammortamento indicate nel bilancio di un'Azienda (ammortamento contabile) riducono gli utili e quindi l'ammontare delle imposte dovute allo Stato il quale, onde evitare che la voce ammortamento possa essere gonfiata a piacere, ne fissa un tetto massimo. Per tale motivo molte aziende impostano i piani di ammortamento del capitale tecnico applicando i coefficienti di ammortamento consentiti dal fisco (si veda ad esempio la Tabella 7)

Tabella 7 Coefficienti di ammortamento per la siderurgia in genere, la metallurgia e i metalli non ferrosi

Tipologie di beni	%	Note
Fabbricati industriali e commerciali	5	
Costruzioni leggere, tettoie, baracche	10	
Impianti e macchinari generici	12	Metallurgia materiali non ferrosi (piombo, alluminio, rame, ecc.), fonderie di seconda fusione e industrie metallurgiche del magnesio: 10,0% Impianti di depurazione con reagenti chimici: 15,0%
Impianti e macchinari specifici	12	Metallurgia materiali non ferrosi (piombo, alluminio, rame, ecc.), fonderie di seconda fusione e industrie metallurgiche del magnesio: 10,0% Grandi impianti e macchinari automatizzati: 17,5% Celle elettrolitiche e impianti con uso di reagenti chimici: 17,5% Forni e pertinenze: 15,0%
Attrezzature varie	25	Attrezzature mezzi di produzione: 25,0% Attrezzature mezzi flessibili di produzione: 30,0% Fonderie di seconda fusione: 40,0%
Mobili e macchine da ufficio	12	
Elaboratori e sistemi telefonici	20	
Autoveicoli da trasporto	20	
Autovetture e motoveicoli	25	

4.5.3.3 Costo del capitale circolante

Il capitale tecnico per impiantare un'Azienda non è il solo necessario al suo funzionamento. Occorre anche un *capitale circolante* (*capitale operativo o working capital*), ossia l'ammontare delle risorse che compongono e finanziano l'attività operativa di una azienda. Si tratta di un indicatore utilizzato allo scopo di verificare l'equilibrio finanziario dell'impresa nel breve termine e può definirsi in base alle attività e passività a breve termine che siano:

- di natura non finanziaria;
- di natura ricorrente nell'attività d'azienda;
- di natura monetaria e non "*contabile*".

In base a questa definizione il Working Capital tecnicamente è formato da una serie di macro voci dello Stato patrimoniale di una azienda tra cui le principali sono:

- Attivo Corrente
 - A. Crediti verso clienti (al lordo di eventuali voci scontate in banca ed anticipi factoring)
 - B. Magazzino prodotti finiti, in lavorazione e materie prime
 - C. Anticipi a Fornitori
- Passivo Corrente
 - D. Debiti verso fornitori
 - E. Debiti verso dipendenti e lavoratori terzi (per salari da corrispondere ecc.) ad esclusione del TFR
 - F. Debiti tributari di natura ricorrente (IVA, INPS, ecc.)

Il capitale circolante, costituito dalla somma algebrica delle precedenti voci, rappresenta un capitale non immobilizzato (e pertanto teoricamente recuperabile) e indispensabile alla gestione dell'azienda. Ad esso compete un interesse che deve essere conteggiato nel costo dei prodotti finiti.

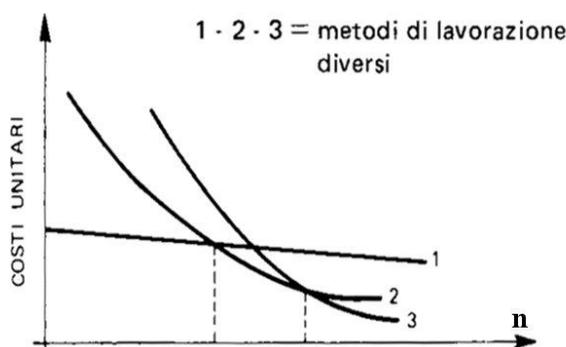
4.5.4 Costo dei prodotti

I costi preventivi annuali saranno pertanto costituiti dai costi di esercizio più la quota di ammortamento e più gli interessi afferenti al capitale circolante. Da ciò si potrà dedurre il costo del prodotto finito se questo è uno soltanto: in caso contrario i conteggi sono assai più complessi.

Pur limitandosi al caso di un solo prodotto, in sede dello studio preliminare o di massima, bisogna tener conto che non è stata fissata in modo definitivo la produttività dell'Azienda. Pertanto è molto utile estendere lo studio ai costi in funzione della produzione di cui ai cenni che seguono.

Si consideri ad esempio un lavoro eseguito con mezzi prevalentemente manuali; il costo unitario dei pezzi scenderà gradualmente man mano che la lavorazione verrà fatta in serie con le piccole attrezzature disponibili (curva 1 di Figura 6).

Figura 6 Andamento dei costi in funzione del metodo di lavoro e della produzione



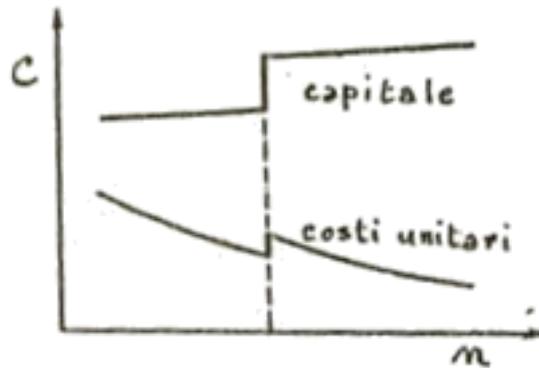
Se però questa attività viene meccanizzata, aumenta la produzione, si riducono le spese generali e la curva dei costi che ne deriva indica una flessione di questi ultimi (curva 2 di Figura 6). La continuità di questa curva si realizza se, all'aumentare della produzione non varia il capitale impegnato. Si dimostra così che ad un certo punto non conviene più un'attività di tipo artigianale.

Se ancora si ricorre ad una produzione non solo meccanizzata ma automatizzata, si ha la curva 3 che oltre un determinato valore della produzione rende meno costoso il prodotto.

I valori della produzione non possono variare oltre ad un determinato campo a parità di capitale investito in macchine ed impianti. Infatti esiste un limite nello sfruttamento delle apparecchiature, superato il quale, ulteriori incrementi di produzione sono possibili solo a fronte di nuovi investimenti in macchine ed impianti. Ne consegue pertanto un incremento degli oneri di capitale che si ripercuote sulla curva dei costi unitari la quale diventa discontinua pur continuando nel complesso a diminuire (Figura 7).

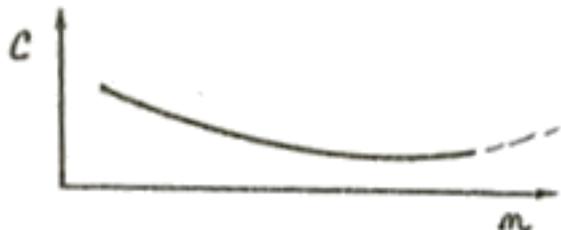
Vale la pena di sottolineare che in realtà, all'aumentare della produzione e per ogni zona considerata, il capitale impegnato non resta costante ma aumenta a seguito dell'incremento degli oneri relativi al capitale circolante.

Figura 7 Aumento dei costi unitari in funzione delle produzioni



Bisogna infine ricordare che i costi non diminuiscono sempre all'aumentare della produzione. Ci sono infatti dei limiti connessi allo sfruttamento degli impianti che, se eserciti oltre le proprie capacità operative incorrono in guasti sempre più frequenti che ne compromettono la competitività. Oltre a ciò, non si può dimenticare che i maggiori volumi di produzione comportano effetti negativi sulla gestione la quale registra un aumento delle spese generali, organizzative, di propaganda, burocratiche ecc., nonché una maggiore incidenza degli scarti di lavorazione.

Figura 8 Aumento dei costi unitari in funzione delle produzioni

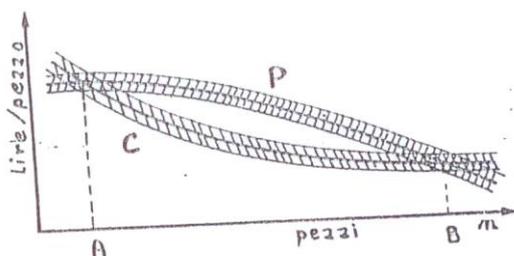


4.5.5 Confronto costi-prezzi

Mentre lo studio che precede consente di stabilire il costo unitario dei prodotti in funzione della produzione, le indagini di mercato permettono di stabilire l'andamento dei prezzi di vendita in funzione della quantità di merce offerta, od offerta in più rispetto a quella già disponibile. Questo andamento può essere lineare, ovviamente discendente all'aumentare della produzione oppure rappresentabile con una curva (concava o convessa).

Si consideri ad esempio il caso di Figura 9 in cui si confrontano i costi preventivi C con i prezzi di vendita P stabiliti o deducibili dall'indagine di mercato. Ovviamente in questo argomento esiste un margine di incertezza per cui si dovrebbero considerare due fasce e non due curve. Per poter proseguire nello studio verranno considerate le curve che mediamente rappresentano i fenomeni.

Figura 9 Confronto costi - prezzi



Logicamente le due curve (qualunque sia la loro forma), devono intersecarsi perché esiste un limite inferiore in quanto una esigua produzione non permette costi competitivi (ad eccezione, ovviamente, della produzione di beni singoli realizzati su commessa); il limite superiore si raggiunge quando il mercato è saturato dall'offerta per cui sono concepibili solo delle svendite, cioè delle vendite sotto costo.

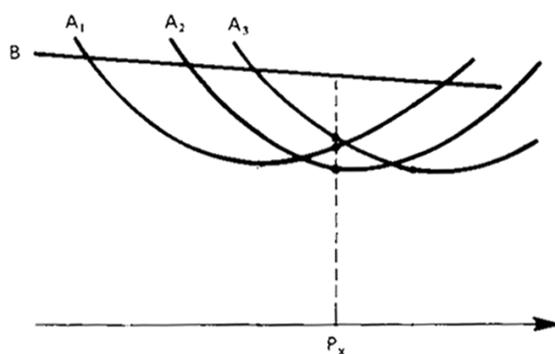
La differenza fra le due curve, letta sulla scala delle ordinate, indica l'utile unitario (per pezzo o per unità di peso). E' utile ripetere che il diagramma è valido quando un impianto può produrre quantità variabili di beni; se per ottenere più beni occorre investire altro capitale la curva dei costi non è più continua come indicato in precedenza (Figura 7).

4.5.6 Scelta della potenzialità

Un criterio di scelta al quale è possibile far riferimento nella determinazione della potenzialità da assegnare all'impianto, tiene conto dell'evoluzione temporale della produzione in relazione agli obiettivi economici fissati dall'Azienda.

Si riportino su un diagramma le curve dei costi unitari di impianti diversi (e quindi richiedenti investimenti diversi): si può rilevare (Figura 10) che una ipotetica produzione p_x , individuata tenendo conto delle considerazioni sopra esposte, può essere assicurata con impianti diversi, naturalmente con ricavi unitari diversi. Ora, è chiaro che se si prevedono aumenti futuri della produzione, potrebbe convenire scegliere l'impianto cui corrisponde la curva A_3 , anche se inizialmente si ottiene un ricavo minore.

Figura 10 Criteri di scelta degli impianti in base alla produzione



Sennonché, sovente, la disponibilità di capitali prevale su tale considerazione, per cui, quando i capitali sono limitati, si può essere costretti a ripiegare su impianti che, essendo destinati a produzioni inferiori a P_x (ma sempre di entità tale da assicurare in ogni caso un ricavo), richiedono investimenti minori.

All'atto di stabilire la potenzialità da richiedere ad un impianto, si deve anche tenere conto degli *scarti di lavorazione* (generalmente espressi in termini percentuali) e delle *interruzioni nel lavoro dei macchinari e degli impianti* ovvero della loro disponibilità. Poiché tale dato varia da una macchina all'altra, da una lavorazione all'altra e da un reparto all'altro, ci si riferisce spesso ad un coefficiente medio per l'intera lavorazione o per ogni reparto. Indicata con:

- V_e la potenzialità voluta
- V_t la potenzialità nominale dell'impianto,
- s la percentuale di scarti
- r la disponibilità dell'impianto

si può banalmente dimostrare che sussiste la seguente relazione:

$$V_e = \frac{V_t}{(100 - s) \cdot r} \cdot 100$$

Un esempio concreto può risultare utile per meglio comprendere i concetti in precedenza esposti. Con riferimento ad un pastificio dedito alla produzione di pasta alimentare secca, si supponga di dover provvedere all'installazione di una linea dedicata alla produzione di pasta corta per un quantitativo annuo complessivo di 158.700 q.

Assumendo che il pastificio lavorerà a ciclo continuo 24 ore su 24, per 5 giorni alla settimana (da lunedì a venerdì) e per 49 settimane all'anno, è possibile determinare i giorni di produzione:

A. Giorni anno	365
B. Giorni anno di fermata per fine settimana	98
C. Giorni anno di fermata per ferie collettive e festività nazionali	21
D. Totale giorni di produzione	246

Valutando nel 95% la disponibilità degli impianti, è possibile determinare i giorni di fermata per guasti, manutenzione straordinaria e cambio trafilè che, dedotti dai precedenti, forniscono i giorni di effettiva produzione e le relative ore:

E. Giorni anno di fermata per guasti, manutenzione straordinaria, cambio trafilè (D. x (1 - 0,95))	12
F. Tot. giorni anno di effettiva produzione	234
G. Ore lavorative al giorno	24
I. Tot. ore anno di effettiva produzione	5.616

Adottando poi per gli scarti di lavorazione un valore pari al 5%, si ottiene infine la potenzialità oraria nominale della linea:

V_e Produzione annua voluta (kg)	15.870.000
S Incidenza degli scarti di lavorazione (%)	5%

V_t Produzione annua al lordo degli scarti $V_e/(1-S)$

16.705.263

P_n Potenzialità nominale degli impianti V_e/I [kg/h]

2.975

4.5.7 Scelta del volume di produzione⁷

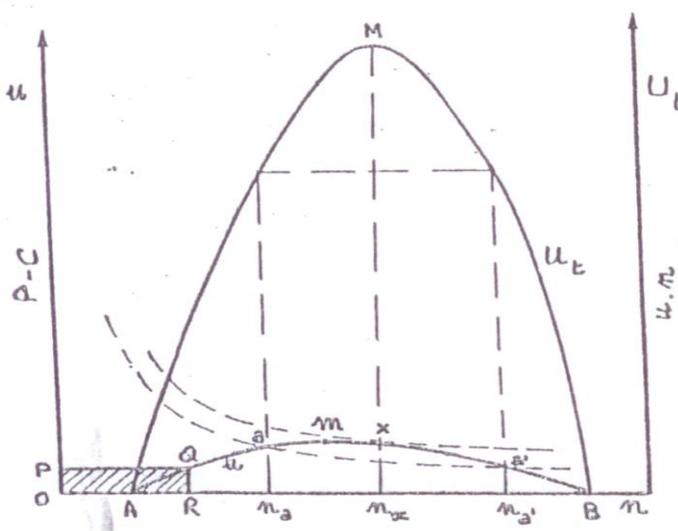
Definito il tipo di impianto e la relativa potenzialità nominale (e conseguentemente una ben determinata curva dei costi unitari) è possibile fare alcune considerazioni sul volume di produzione da adottare, nell'ipotesi ovviamente che l'impianto possa variare la sua produzione in un determinato intervallo.

L'utile unitario u (per pezzo o per unità di peso) è rappresentabile da una curva che si sviluppa fra due valori nulli A e B raggiungendo un valore massimo m (Figura 11).

L'utile totale U_t sarà dato dal prodotto $u \times n$; in corrispondenza del punto Q della curva u l'utile totale sarà esprimibile dall'area OPQR. Quindi è costruibile per punti la curva degli utili totali U_t riportata in Figura 7 (scala a destra).

Questa curva avrà due valori nulli A e B ed un valore massimo M la cui ascissa non coincide mai con quella del massimo m degli utili unitari: è sempre spostata a destra. Questo asserto è dimostrabile. In figura sono riportate le curve u e U_t . Si osservi che è possibile ottenere un medesimo utile totale con due diversi valori di n e ciò è intuitivo. Sulla curva u si individuano così due punti: a e a' .

Figura 11 Scelta della potenzialità - massimo utile unitario e massimo utile totale



⁷ Intenderemo con *volume di produzione* la quantità di beni complessivamente prodotta da un impianto nell'arco temporale di un esercizio finanziario. Essa si distingue dalla *potenzialità* che rappresenta il dato di targa caratteristico dell'impianto e indica la quantità di beni producibile in un determinato periodo di tempo (minuti, ore, giorni). Sovente da un impianto risulta un volume di produzione inferiore a quello ottenibile moltiplicando la *potenzialità* per i minuti o le ore complessivamente compresi in un anno (a causa del particolare valore di disponibilità, per scarsa saturazione ecc). In taluni casi la produzione può risultare eccezionalmente superiore, quale conseguenza di un esercizio *forzato* al di là dei limiti di targa per periodi in genere brevi e con conseguenze in genere nefaste nel medio-lungo periodo.



Se ora si costruisce graficamente un'iperbole equilatera che passi per \underline{a} essa risulta passare anche per \underline{a}' .

Analogamente si può costruire una famiglia di iperboli equilatera, riferite agli stessi assi (\underline{u} e \underline{n}), ciascuna delle quali individuerà sulla curva \underline{u} due punti ai quali corrispondono utili totali uguali.

Per conseguenza esisterà una sola iperbole, della stessa famiglia, tangente alla curva \underline{u} in un punto \underline{x} al quale deve corrispondere, ovviamente, un solo utile totale il quale è anche l'utile totale massimo. Inoltre risulta evidente che questo punto di tangenza dovrà essere, nella curva \underline{u} a destra del punto \underline{m} (di massimo utile unitario) perché se corrispondesse ad \underline{m} o ad un punto alla sua sinistra non potrebbe essere tangente ma taglierebbe la curva in due punti (quindi non si avrebbe corrispondenza con il massimo utile totale M).

Sembrerebbe a prima vista conveniente scegliere quale volume \underline{n} di produzione (potenzialità) quello corrispondente al massimo M della curva U_t ; la scelta tuttavia è assai complessa. L'unico dato certo è la convenienza di scegliere \underline{n} entro i limiti A e B, alquanto a destra di A ed a sinistra di B per avere un utile sufficiente.

4.6 Studio del "plant layout"

4.6.1 Generalità

4.6.2 Analisi dei dati di partenza

Si tratta di raccogliere gli elementi occorrenti per lo studio di plant layout e cioè:

- elenco delle voci (o articoli) da produrre e da immagazzinare (nei magazzini materie prime, semilavorati, prodotti finiti, ecc.) e relative quantità;
- successione delle operazioni richieste da ogni prodotto (ciclo di lavorazione);
- volumi, pesi e caratteristiche dei materiali da trasportare lungo il ciclo di lavorazione;
- numero, tipo e caratteristiche (ingombri, pesi, ecc.) delle macchine e degli impianti occorrenti;
- manodopera necessaria;
- fabbisogni di servomezzi (energia elettrica, vapore, acqua, aria compressa, ecc.);
- esigenze di servizi generali (uffici, laboratori, mense, ecc.);
- esigenze (in macchinari, spazio, attrezzature) dei reparti manutenzione, attrezzeria, riparazioni, ecc. e dei magazzini utensili, stampi e così via, vale a dire dei servizi ausiliari della produzione;
- eventuali variazioni future della produzione.

Se lo studio della sistemazione deve essere eseguito su uno stabilimento esistente, occorre anche disporre dei disegni dell'attuale plant layout e del fabbricato, nonché delle caratteristiche di quest'ultimo ("maglia", altezza utile, carico sopportato ai nodi e sul pavimento, ecc.).

4.6.2.1 *Analisi del processo produttivo*

In tutti gli impianti industriali si può sempre individuare una schematizzazione ideale dello svolgersi ordinato delle successive operazioni o fasi, che nel loro complesso realizzano lo scopo cui l'impianto stesso è destinato.

Per lavorazione si intende un *procedimento che, partendo da un certo materiale, ne modifica successivamente la forma, con o senza variazioni di volume, e ne altera talvolta la sostanza fino a ottenere il prodotto finito*. Nel nostro caso intenderemo, per estensione, anche quelle operazioni consistenti in semplici movimentazioni, che non alterano il materiale di partenza, come, per esempio, l'immagazzinamento di grano in un silo, la conservazione di derrate alimentari in un frigorifero ecc.

Stabilito cosa produrre (*progetto del prodotto*), occorre definire come produrre, esaminando innanzitutto i procedimenti possibili per la produzione che si vuole attuare. Nella maggioranza dei casi ci si riferirà a procedimenti già noti e codificati, almeno nelle loro fasi essenziali, che potranno essere adottati integralmente o adattati al caso che si studia. Non può tuttavia escludersi che il procedimento debba essere, per così dire, inventato, come certamente accadrà per prodotti nuovi, per i quali occorrerà verificare sperimentalmente l'idoneità del ciclo produttivo, realizzando piccole produzioni sperimentali e ricorrendo, eventualmente, alla costruzione di appositi impianti pilota, tenendo conto poi dei mutamenti che potranno verificarsi passando alla produzione su scala industriale.

Anche in presenza di tecnologie già sperimentate, occorre innanzitutto esaminare se il procedimento sia l'unico possibile o se ve ne siano altri, che possano considerarsi varianti totali, o anche solo parziali, e che possano risultare più convenienti

4.6.2.1.1 **Il diagramma qualitativo**

La rappresentazione grafica schematizzata di una lavorazione è chiamata *diagramma qualitativo* di lavorazione o *schema tecnologico*. Si può usare una rappresentazione puramente indicativa delle successive operazioni sotto forma di schema a blocchi (vedi Figura 12) o una forma grafica in cui si riporta ordinatamente la rappresentazione schematica dei mezzi che realizzano l'operazione (vedi Figura 13).

Il diagramma qualitativo può essere completato con altre indicazioni, come temperature, pressioni, note sul movimento dei materiali ecc.

Figura 12 Impianto per la produzione di fogli di PVC: diagramma qualitativo

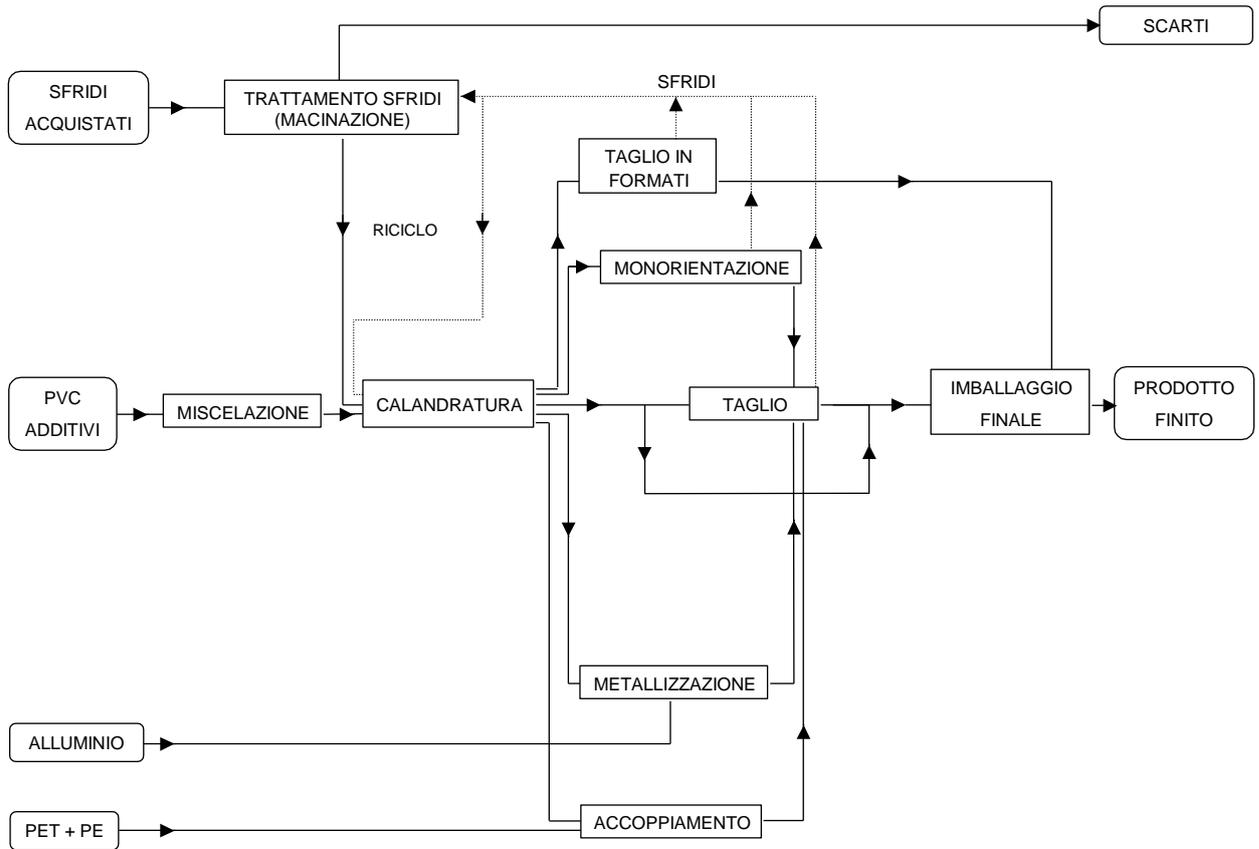
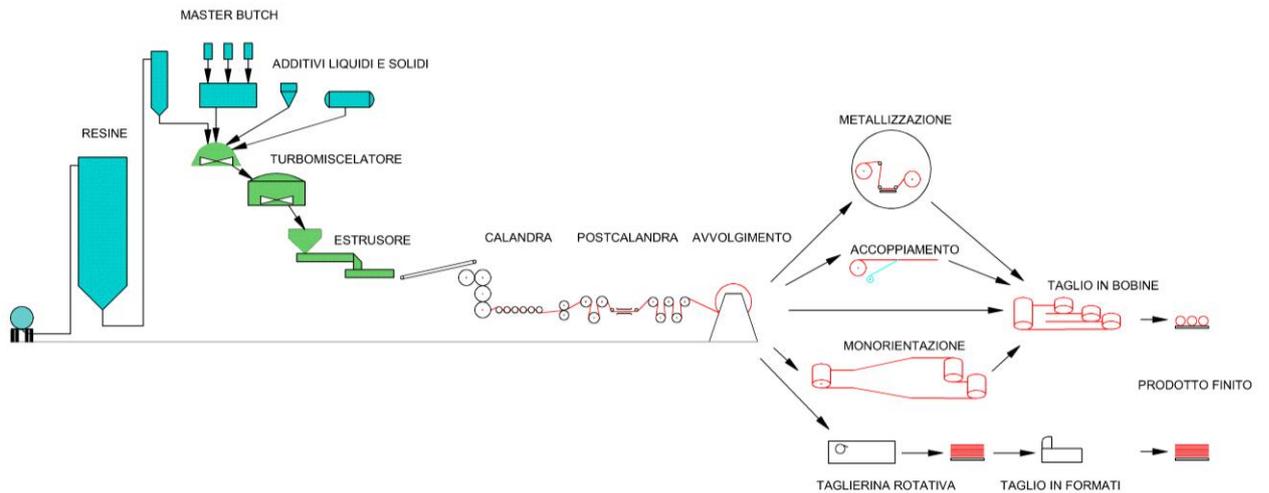


Figura 13 Impianto per la produzione di fogli di PVC: diagramma qualitativo figurato



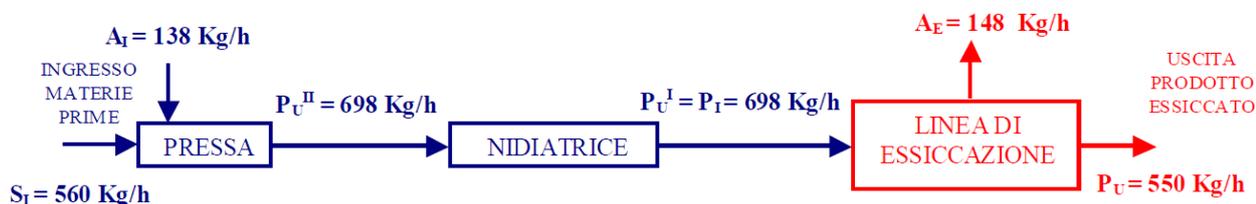
4.6.2.1.2 Il diagramma quantitativo

Il diagramma quantitativo si ottiene dal precedente diagramma qualitativo sovrappo-
nendo a ciascuna operazione le corrispondenti quantità di materiali occorrenti o comunque inerenti
all'operazione stessa. Il diagramma quantitativo può venir tracciato con riferimento alla potenzialità
dell'impianto che si studia o in percentuale, riferendo tutte le quantità a una, scelta opportunamente
(per esempio la più importante delle materie prime o parte di esse, il complesso delle materie di
partenza, il prodotto più importante ecc) posta uguale a 100.

Tale diagramma deve non solo indicare le quantità iniziali delle materie e finali dei prodotti,
ma anche, fase per fase, le quantità di materie, scarti, sfridi, cali, aggiunte e tutto quanto possa
comunque modificare le quantità in evoluzione. I dati necessari saranno dedotti, nella maniera più
conveniente, dalla letteratura tecnica e/o dall'esperienza, anche se, almeno in un primo momento, ci si
dovrà accontentare di valori medi o approssimati.

Il diagramma quantitativo può essere rappresentato in vari modi. Il più semplice consiste nel
sovrapporre alle singole fasi del diagramma qualitativo le corrispondenti quantità riferite a
un'opportuna unità di tempo, ottenendosi il così detto diagramma quali-quantitativo (Figura 14).

Figura 14 Diagramma quali-quantitativo per la produzione di pasta alimentare a nido⁸

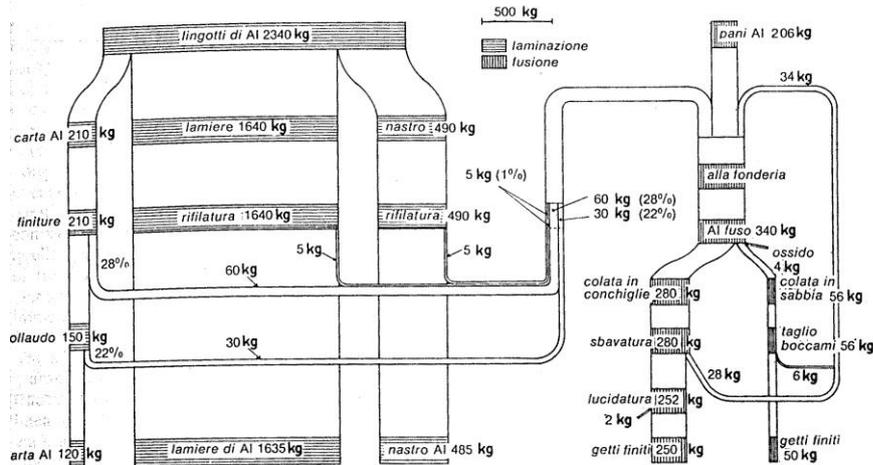


Nella sua formulazione più completa, il diagramma quali-quantitativo comprende la scelta di
tutti i componenti di impianto definiti in relazione alla marca, modello, dati di targa, e, più in generale,
a tutte le caratteristiche operazionali. Tali componenti vanno rappresentati

Una delle rappresentazioni adottata in taluni casi è quella suggerita da Sankey, largamente
usata per impianti termici, fonderie, cartiere, tessitorie e simili (Figura 15). Risultano particolarmente
evidenti il flusso delle materie principali e secondarie, le perdite che si verificano durante il ciclo, i
mescolamenti ecc.. Le quantità finali vengono perfettamente individuate in prodotto, perdite, cali,
scarti e sfridi più o meno riciclabili, cascami, anche suscettibili di ulteriore lavorazione nello stesso o
in altro stabilimento o direttamente utilizzabili come sottoprodotti ecc..

⁸ Legenda: A_I : acqua in ingresso, S_I : semola in ingresso, P : impasto di acqua e semola, A_E , portata d'acqua eliminata per evaporazione,
 A_U : produzione oraria di pasta essiccata.

Figura 15 Impianto per laminazione e fonderia di alluminio: diagramma quantitativo



Un altro tipo di rappresentazione grafica, che ben si presta per alcune applicazioni, è il diagramma di lavorazione (flow process chart), tracciato in Figura 16.

Figura 16 Scheda per la stesura dei diagrammi di lavorazione

DESCRIZIONE CICLO	OPERAZIONE	SPOSTAMENTO	CONTROLLO	MAG. TEMP.	MAG. PERM.	N. OPERAI NECESSARI	DIST. PER-CORSA IN m	TEMPO IMP. IN MINUTI
1. RICEV. BARRE ACCIAIO	○	●	□	△	△		5	
2. IMPILAGGIO DEP. GREGGI	○	●	□	△	△		9	
3. ALLA FUCINATURA	○	●	□	△	△		9	
4. STAMPAGGIO A CALDO	○	●	□	△	△		24	
5. AI BARILI PULITORI	○	●	□	△	△			
6. SBAVATRICI	○	●	□	△	△			
7. AL PIANO SUPERIORE	○	●	□	△	△			
8. IN ATTESA	○	●	□	△	△			
9. TORNITURA	○	●	□	△	△			

Da ultimo, relativamente alla raccolta dei dati sui servomezzi occorrenti per ciascuna macchina, si propone la metodologia rappresentata in Tabella 8.

Tabella 8 censimento delle macchine e dei relativi fabbisogni di servomezzi

POS.	DENOMINAZIONE	FABBRICANTE	INGOMBRI m	MOTORI kW	ARIA φ	ACQUA φ	OLIO O EMULSIONE φ
1	TORNIO A TORRETTA	DI PALO	4,00 x 1,20 x 1,50	50	3/8"	—	EMULSIONE 3/8"
2	TORNIO MULTIPLO AUTOMATICO	MINGANTI	5,50 x 1,30 x 2,00	60	1/2"	3/8"	OLIO 1/2"
3	FRESATRICE	MINGANTI	1,60 x 2,50 x 1,80	20	3/8"	—	EMULSIONE 3/8"
4	DENTATRICE	CIMA	3,20 x 1,10 x 1,80	25	3/8"	3/8"	OLIO 3/8"
5	ALESATRICE	CERUTTI	5,00 x 4,00 x 3,50	35	3/8"	—	EMULSIONE 3/8"
6	RETTIFICATRICE	BERCO	5,50 x 1,40 x 2,10	20	1/2"	3/8"	EMULSIONE 1/2"
7	PIALLATRICE	CERUTTI	12,00 x 2,50 x 2,80	30	1/2"	—	—

4.6.3 Ricerca delle possibili soluzioni

4.6.3.1 *Tipi di lavorazioni*

4.6.3.2 *Sistemi di trasporto interno*

4.6.3.3 *Posto di lavoro*

4.6.3.4 *Frazionamento della potenzialità produttiva*

L'opportunità di adottare una sola o più macchine di eguale produzione complessiva per raggiungere la potenzialità voluta (*frazionamento della potenzialità produttiva*), dipende da vari fattori; uno di questi, di notevole importanza, è rappresentato dal confronto tra i relativi *costi di impianto*, tenendo però in debito conto anche i *costi di esercizio*. In generale una macchina grava sull'esercizio industriale con una quota fissa dipendente dal costo di impianto (ammortamento) e con una quota variabile dipendente dalle caratteristiche proprie della macchina e dal tempo di effettivo impiego.

Quando per la macchina si prevede un impiego annuo relativamente limitato, converrà orientarsi verso soluzioni che comportino un basso costo di impianto, anche a scapito di un costo di esercizio più elevato; in caso contrario predominerà nella scelta la ricerca del minor costo di esercizio. Naturalmente le unità di maggiore capacità produttiva sono suscettibili di più elevate rese quantitative, lavorano con rendimenti meccanici più elevati e, trattandosi di azionamento con motori elettrici, anche con valori più elevati del fattore di potenza ($\cos \varphi$). Tuttavia rese, rendimenti e fattori di potenza si riducono notevolmente per funzionamento a carico ridotto fino a risultare, per certi valori del carico, minori dei valori ottenibili con unità più piccole, meglio utilizzate. In questi casi i benefici, ottenuti con la maggiore capacità nei periodi di piena utilizzazione, possono essere annullati dai maggiori costi, che si determinano nei periodi di inadeguata utilizzazione delle capacità produttive disponibili. Talvolta il frazionamento delle unità può essere adottato per consentire una più economica soluzione al problema di garantire la continuità della produzione con unità di riserva.

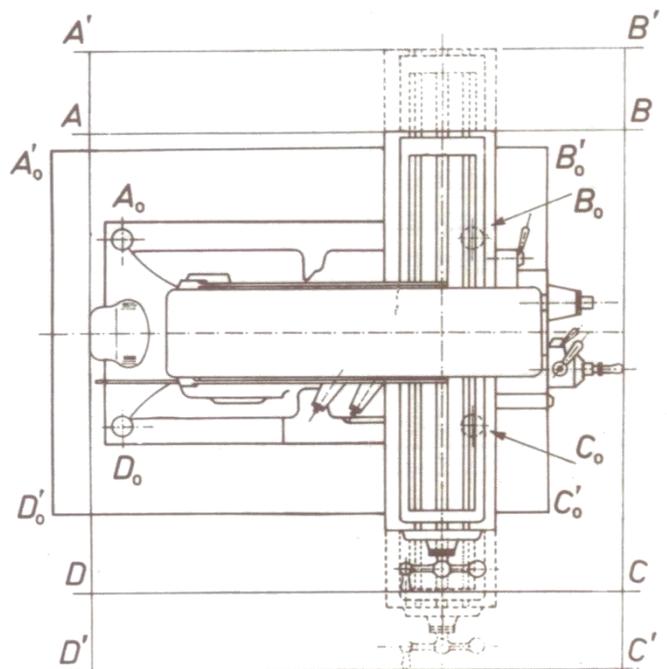
4.6.3.5 *Definizione dei fabbisogni di superfici coperte e totali*

Stabilito che l'edificio debba essere considerato come una conseguenza del flusso produttivo, e che il suo sviluppo sia orizzontale sia verticale debba essere strettamente legato all'andamento del flusso stesso, è impossibile passare al corretto proporzionamento dell'immobile, o degli immobili, se non si è in possesso di tutti gli elementi inerenti ai mezzi di esercizio, così come non si può proporzionare un pilastro o una trave se non si conoscono i carichi e le condizioni in cui gli stessi agiranno. Pertanto, affinché gli schemi, di cui si è fatto cenno, possano essere usati anche per il proporzionamento dei reparti, occorre che da essi possa desumersi l'ingombro del macchinario, inteso in un senso più ampio di quello letterale. Suole definirsi *rettangolo* o, più generalmente, *poligono*

d'ingombro geometrico di una macchina (*machine template*) quello minimo, che racchiude la macchina considerata nelle sue massime sporgenze (ABCD nella Figura 17).

Quando, come generalmente accade, per lo smontaggio e il montaggio occorre un ulteriore spazio, anche questo deve essere compreso nella superficie di ingombro. Inoltre occorre tener conto dello spazio necessario per i movimenti di parti della macchina durante la lavorazione. Può allora definirsi il *rettangolo di ingombro funzionale* (*machine center template*), indicato con $A'B'C'D'$ nella Figura 17.

Figura 17 Poligono di ingombro geometrico della macchina



Si rappresenta, poi, la *sagoma di ingombro a terra* $A'_0 B'_0 C'_0 D'_0$, la cui conoscenza sarà utile per il fissaggio e l'eventuale fondazione. Con chiara estensione allo spazio, si considera talvolta il *prisma di ingombro*. Per il corretto uso della macchina occorre inoltre considerare l'*ingombro del posto di lavoro* (*work station*), individuato dalle esigenze superficiali o spaziali rispettivamente imposte dalla macchina, dal motore, quando esso venga installato in prossimità della macchina e non sia nella stessa contenuto, dal movimento dell'operatore o degli operatori, dall'alimentazione del lavoro (contenitori per pezzi da lavorare o lavorati, ecc.), dagli accessori della macchina, dai punti di sosta di eventuali trasportatori e da quant'altro occorra per il buon funzionamento della macchina.

La somma delle aree dei posti di lavoro o dei centri di produzione, aumentata dello spazio necessario per distanziare le macchine e per i passaggi principali, rappresenta evidentemente l'area da assegnare al reparto. Così procedendo potrà stabilirsi l'area complessiva necessaria all'impianto.

Per determinazioni di prima approssimazione si può assumere, come area occorrente per un reparto, il totale degli ingombri geometrici moltiplicato per un opportuno coefficiente, variabile caso per caso (mediamente $2\div 3$).

Si possono anche distinguere secondo una *superficie statica* S_S , rappresentata dall'ingombro proprio della macchina o installazione; una *superficie di gravitazione* S_G , che è la superficie utilizzata intorno al posto di lavoro dell'operaio che vi è addetto e quella occupata dai materiali da lavorare e lavorati. Può farsi $S_G = S_S \times n$, se con n si indica il numero di lati sui quali l'installazione può essere servita o alimentata. La *superficie di evoluzione* S_e è la superficie da lasciare disponibile per i movimenti degli uomini e dei materiali tra i posti di lavoro; può farsi $S_e = K \times (S_S + S_G)$, essendo K un coefficiente, al quale possono assegnarsi i valori indicati nella Tabella 9.

Tabella 9 Valori di K per la determinazione della superficie di evoluzione S_e

per grandi industrie, movimentazioni dei materiali con carroponte	0,05 ÷ 0,15
per lavoro a catena, con trasportatori meccanici	0,10 ÷ 0,25
per filande	0,05 ÷ 0,25
per tessitorie	0,50 ÷ 1,00
per fabbriche di orologi e bigiotteria	0,75 ÷ 1,00
per piccola meccanica	1,50 ÷ 2,00
per industria meccanica generica o assimilabile	2,00 ÷ 3,00

La superficie totale S_t , occorrente per il posto di lavoro, sarà data da: $S_t = S_S + S_G + S_e$ e quella del reparto sarà la somma delle superfici occorrenti per i posti di lavoro che lo costituiscono. In sede di progetto è poi necessario tenere conto di eventuali ampliamenti, quando essi siano previsti o prevedibili. A tal fine, indipendentemente da quegli ampliamenti che comporteranno raddoppio o ampliamento degli edifici esistenti mediante la costruzione di nuovi edifici, sarà opportuno predisporre lo spazio necessario per i posti di lavoro o centri di produzione da aggiungere in seguito. Tale spazio potrà essere individuato disegnando con linee tratteggiate i relativi ingombri.

Per progetti di ristrutturazione, di ampliamento e simili la determinazione delle aree occorrenti risulta notevolmente semplificata dalla conoscenza dei dati relativi alle situazioni preesistenti, le quali, naturalmente, verranno considerate con spirito critico.

Per quanto riguarda gli spazi da riservare ai passaggi, è opportuno che questi ultimi seguano un tracciato prevalentemente rettilineo, evitando angoli ciechi e sporgenze di parti di macchine. Nel caso in cui i passaggi si incrociano con i trasportatori, a qualunque altezza essi si muovano, è opportuno adottare gli accorgimenti necessari per la speditezza dei flussi e per la sicurezza del traffico, segnando sul pavimento i limiti degli spazi di passaggio, che andranno tenuti sempre sgombri, e disponendo i

passaggi secondo le linee di minima distanza tra i punti da collegare. Si riportano nella Tabella 10 le larghezze di orientamento cui attenersi per le esigenze indicate. Tali dimensioni non tengono conto degli spazi necessari per svolte parziali o totali, per le quali bisognerà adottare i raggi più opportuni caso per caso.

Il dimensionamento dei passaggi dipende dall'uso cui essi sono destinati, dalla frequenza dell'uso e dal volume del traffico, dalla velocità di movimento imposta o desiderata, dalla necessità eventuale di consentire il transito su più file. Sarà inoltre opportuno tener presenti gli incrementi dei suddetti fattori per eventuali prevedibili ampliamenti dei reparti.

Tabella 10 Larghezze di massima degli spazi da riservare ai passaggi (mm)

semplice transito di una persona	700
semplice transito di due persone	1100
transito di una persona con carico (variabile con le dimensioni del carico)	850 ÷ 1100
transito di una persona con carrello a mano e simili	700
idem con carrello a piattaforma	800
idem con carrello a forchetta e pal- lets	800 ÷ 1200
trasportatori a rulli (a gravità)	300 ÷ 500
trasportatori a nastro	300 ÷ 1500
coclee	100 ÷ 600
trasportatori mobili a nastro di gomma o di tavolette di legno	600 ÷ 2000
trasportatori mobili per containers	6000 ÷ 10000
scivoli per minerali e simili	230 ÷ 1500
discensori a spirale per casse e colli vari	1000 ÷ 5000

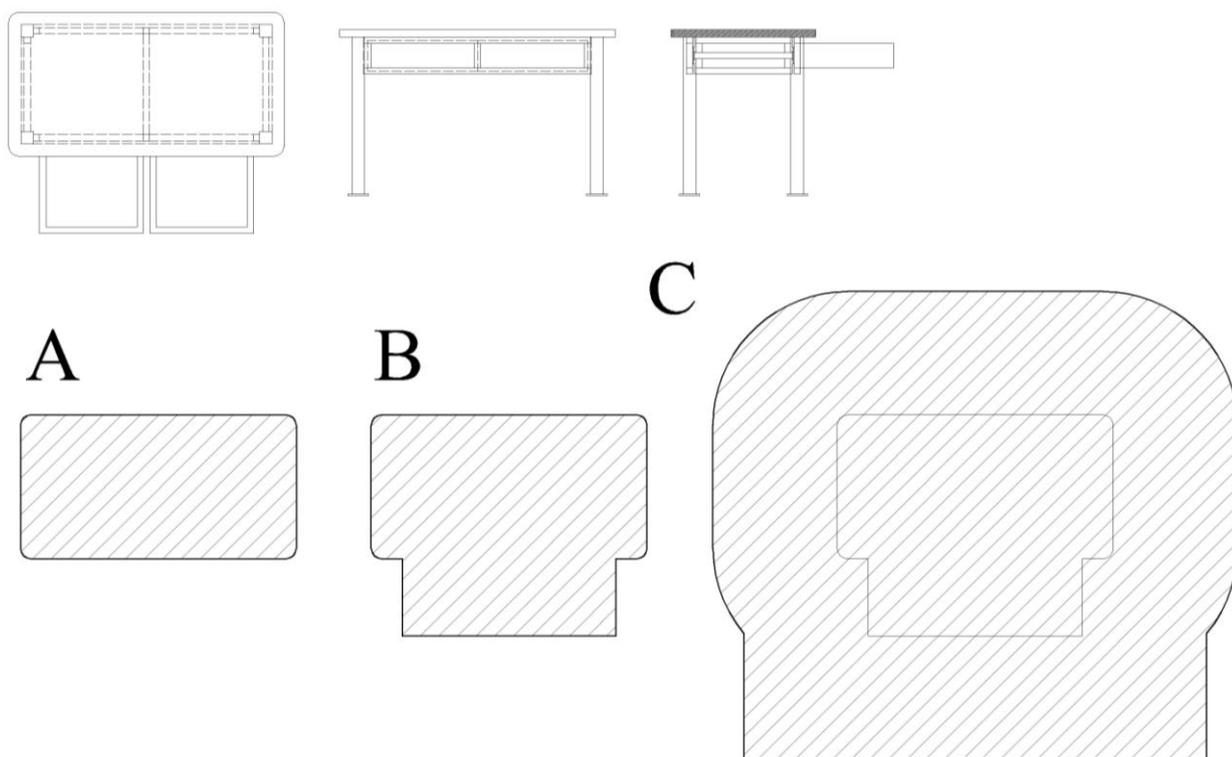
A compendio di quanto in precedenza esposto, si propone la Figura 18 ove le superfici di ingombro geometrico, funzionale e gravitazionale vengono evidenziate in relazione ad un banco di lavoro accessibile da tutti e quattro i lati. La superficie di evoluzione, non direttamente rappresentata in figura, risulterà dalle precedenti non appena ad esse si sommino gli spazi necessari ai corridoi.

Le *aree da destinare ai magazzini* si determineranno tenendo conto delle modalità di immagazzinamento e di movimentazione dei materiali, delle quantità da immagazzinare al giorno, deducibili dal diagramma quantitativo, e del numero dei giorni lavorativi per i quali si vuole garantire la scorta. Quest'ultimo dato è variabilissimo e dipende essenzialmente dall'organizzazione e dall'affidabilità del sistema di approvvigionamento, per le materie e i componenti, e del sistema di distribuzione, per i prodotti. In genere occorre prevedere magazzini per i materiali grezzi (*magazzini di testa*), per i materiali semilavorati e per i componenti che entrano nel processo di lavorazione e di montaggio e possono essere elaborati nello stesso impianto o provenire dall'esterno (*magazzini intermedi*), per i materiali di consumo, ausiliari e accessori, per utensili e attrezzature di officina, per i

materiali di condizionamento e imballaggio dei prodotti finiti, per i prodotti finiti in attesa di consegna o spedizione (*magazzini di coda*).

Nella seconda categoria particolare attenzione va posta, in alcuni tipi di industrie, all'immagazzinamento delle parti di ricambio, che talvolta assume importanza anche superiore a quello dei prodotti finiti. Possono ancora considerarsi i magazzini *sussidiari* o di esercizio, intesi come magazzini dislocati, per lo più, presso i reparti e riforniti a breve periodo dai magazzini principali. I magazzini intermedi possono anche configurarsi come piccoli depositi lungo le linee di lavorazione o montaggio per compensare sbilanciamenti anche occasionali, detti anche polmoni e magazzini volanti. Ovviamente si terrà conto di eventuali particolari condizioni ambientali richieste dalle materie da immagazzinare.

Figura 18 Ingombro del centro di lavoro su banco⁹



Nel dimensionamento di un magazzino occorre conseguire essenzialmente economia di spazio e di trasporto interno, facilità di accesso alle materie immagazzinate, elasticità di sistemazione, facilità di prelievo e rotazione, facilità di controllo. Valori orientativi per le altezze massime di collocazione sono: per il trasporto manuale 2,20 m, con elevatori leggeri 3,5 m, con elevatori pesanti 4,5 m, con

⁹ Legenda: A: superficie di ingombro geometrico; B: superficie di ingombro funzionale; C: superficie di ingombro gravitazionale

carroponte 7 m. Nella Tabella 11 si riporta una serie di dati orientativi sulla superficie dei magazzini e sulle giacenze minime abituali.

Devono, poi, determinarsi le aree occorrenti per i reparti ausiliari (attrezzatura, manutenzione, ecc.) e per i servizi generali (centrali del vapore, dell'aria compressa, cabina di trasformazione, ecc.). Per essi, sulla scorta dei dati risultanti dal progetto dei mezzi di esercizio e tenuto conto delle altre esigenze, anche se in un primo momento solo approssimativamente determinabili (acqua per i servizi igienici, energia per illuminazione, ecc.), si eseguirà una progettazione di massima con gli stessi criteri indicati per i reparti di produzione determinando quindi, in modo analogo, le aree occorrenti. Esse potranno essere frazionate in più parti quando, invece di centralizzare, si ritenga più opportuno distribuire reparti ausiliari e centrali dei servizi.

Parimenti si determineranno le aree per i servizi operai (spogliatoi, lavabi, docce, gabinetti, mensa o refettorio, cucina, sale di convegno, ecc.) e per gli uffici tecnici e amministrativi, previa definizione del numero degli operai, degli impiegati, ecc. (vedi Tabella 12).

Il computo delle aree va completato attraverso *l'analisi della superficie scoperta* occorrente per installazioni all'aperto, per piazzali, vie di circolazione interne, raccordi stradali e ferroviari, depositi esterni, parcheggi, eventuali spazi di isolamento tra gli edifici e verso l'esterno, ecc. Anche queste superfici potranno, in fase preliminare, valutarsi globalmente, salvo riesame una volta espletata la fase di studio della distribuzione planimetrica degli edifici, per giungere alla forma ed estensione della superficie occorrente per l'industria o alla migliore utilizzazione di quella disponibile. È opportuno, in questa sede, tener conto delle aree occorrenti per gli ampliamenti prevedibili per poterle, fin da questo stadio, acquisire all'impresa, destinandole magari ad altre utilizzazioni fino a quando non si renderanno necessarie per gli ampliamenti.

È opportuno pervenire, attraverso le varie fasi di studio, alla determinazione di un piano regolatore dell'industria in progetto, che comprenda allo stato di dettaglio lo stralcio relativo alle opere da realizzare subito, ma anche, allo stato di progetto di massima, le opere da realizzarsi alle varie scadenze fissate dalla pianificazione generale. Per determinazioni del tutto orientative delle superfici occorrenti si trovano spesso, per grosse classi di industrie, valori indicativi riferiti alle quantità prodotte, alla potenza installata, al capitale investito, al numero di addetti, ecc. Per esempio, secondo alcuni autori, possono assumersi i valori riportati nella Tabella 13.

Tabella 11 Valori indicativi per il dimensionamento dei magazzini

Industrie	Superficie dei magazzini coperti, in percentuale dell'intera superficie coperta, per materie				Giacenze minime abituali per materie	
	prime (%)	varie (%)	finite (%)	totale (%)	prime	finite
Birra	20	5	20	45	per 2 mesi di prod.	almeno 1/3 prod. annua
Biscotti	15	5	10	30	per 1 mese e 1/2	1/10 di prod. annua
Canapa	10	2	5	17	9 mesi	3 ÷ 5 mesi
Carta da stracci	10	5	10	25	1 mese	1 mese
Carta vetrata	9	1	5	15	—	—
Cellulosa	10	1	15	26	6 mesi	1/50 di prod. annua
Cemento	15	3	20	38	4 mesi	2 mesi
Cioccolato	10	2	5	17	2 mesi	1 mese
Colla	15	2	18	35	—	—
Cotone (filati)	10	2	4	16	3 mesi	2 mesi
Cotone (tessuti)	8	2	4	14	3 mesi	3 mesi
Cuoio e pellami	10	5	10	25	5 mesi	2 mesi
Distillerie	15	—	—	—	—	—
Falegnamerie	25	5	10	40	6 mesi	2 mesi
Farina d'ossa	12	2	10	24	—	—
Fecola	15	3	10	28	—	—
Filature di cotone	10	2	4	16	3 mesi	2 mesi
Filature di canapa	10	2	5	17	3 mesi	2 mesi
Filature di iuta	10	2	8	20	3 mesi	2 mesi
Filature di lana	6	2	4	12	3 mesi	2 mesi
Filature di lino	9	1	5	15	3 mesi	2 mesi
Fonderie	3	3	5	11	1 m ² di mag. per t produzione annua	2 mesi
Gas	—	—	—	—	per 2-3 mesi di prod.	1 giorno
Iutifici	10	2	8	20	da 20 ÷ 60 giorni	—
Mulini da grano	—	—	—	—	3 ÷ 4 mesi	2 ÷ 3 mesi
Officine meccaniche	10	4	6	20	—	—
Oleifici	20	1	10	31	1 ÷ 2 mesi	—
Panifici	25	1	10	36	3 ÷ 6 mesi	2 ÷ 3 mesi
Pastifici	10	2	8	20	4 mesi	1 mese
Pasticcerie	15	5	10	30	4 mesi	3 mesi
Perfosfati	15	3	10	28	4 mesi	2 mesi
Raion	3	1	3	7	3 mesi	3 mesi
Riserie	—	—	—	—	1 mese	—
Tartarico acido	—	—	—	—	—	—
Tappeti	8	2	5	15	6 mesi	5 mesi
Tessiture di cotone	8	2	4	14	6 mesi	5 mesi
Tessiture di canapa	10	2	5	17	6 mesi	5 mesi
Tessiture di iuta	10	2	8	20	6 mesi	5 mesi
Tessiture di lana	5	2	4	11	6 mesi	5 mesi
Tessiture di lino	9	1	5	15	6 mesi	5 mesi
Zuccherifici	3	3	14	20	barbabietole 15 d.	90-110 d. di prod.

Tabella 12 Valori indicativi delle aree destinate ai servizi e per gli uffici in progettazione di massima

<p>Uffici: globalmente per ogni posto di lavoro, comprendendo aree accessorie, corridoi, archivi, servizi impiegati 20 ÷ 30 m² per posto di lavoro amministrativo 4 ÷ 6 m² o 6 ÷ 10 m² comprendendo le superfici di disimpegno per posto di lavoro tecnico 6 ÷ 8 m² o 8 ÷ 12 m² comprendendo le superfici di disimpegno</p> <p>Servizi sociali: n. 1 servizio igienico con lavabo ogni 20 ÷ 25 operai o 10 ÷ 15 operaie, dislocati a una distanza massima di 30 ÷ 50 m dai posti di lavoro serviti</p> <p>Superficie occorrente per servizi igienici: 0,15 m² per operaio 0,20 m² per operaia</p> <p>Superficie occorrente per spogliatoi 0,7 m² per persona</p> <p>Superficie occorrente per refettori 0,1 m² per persona</p> <p>Corridoi: larghezza max per solo persone 1,50 m larghezza max per persone e materiali 2,00 m; traffico fino a 50 ÷ 100 persone al minuto a metro di larghezza</p> <p>Scale: larghezza minima 1,20 ÷ 1,50 m, dislocate in modo da non distare più di 25 ÷ 30 m dai posti di lavoro serviti; traffico fino a 50 persone al minuto a metro di larghezza</p>

Tabella 13 Valutazione di massima dell'area occorrente (m² per addetto)

Industrie tessili	10
Industrie di media importanza (meccanica, legno, e simili)	150 ÷ 200
Industrie pesanti (siderurgiche, miniere e simili)	400

4.6.4 Considerazioni conclusive

4.6.5 Esempi di *plant layout*

A completamento del presente capitolo ed in integrazione a quanto riportato sul libro del prof. Monte, si è ritenuto utile dare alcuni esempi di *plant layout*. Il primo si riferisce ad uno stabilimento per la produzione di pasta alimentare a nido, la cui progettazione a livello preliminare e integralmente riportata in appendice. Il secondo è relativo ad uno stabilimento dedito alla produzione di fogli di PVC.

Figura 19 Plant layout di un pastificio. (Documentazione tecnica Pavan)

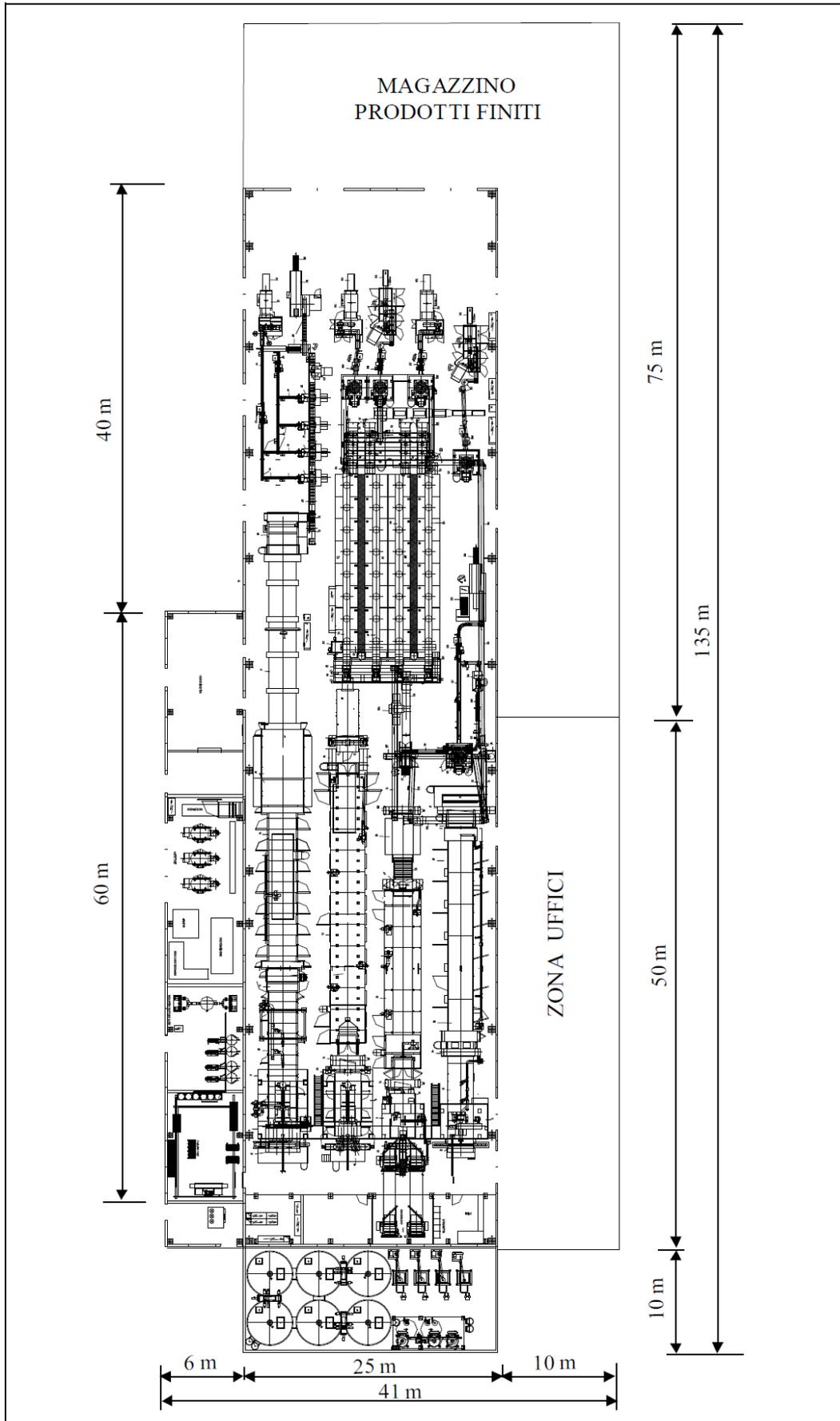
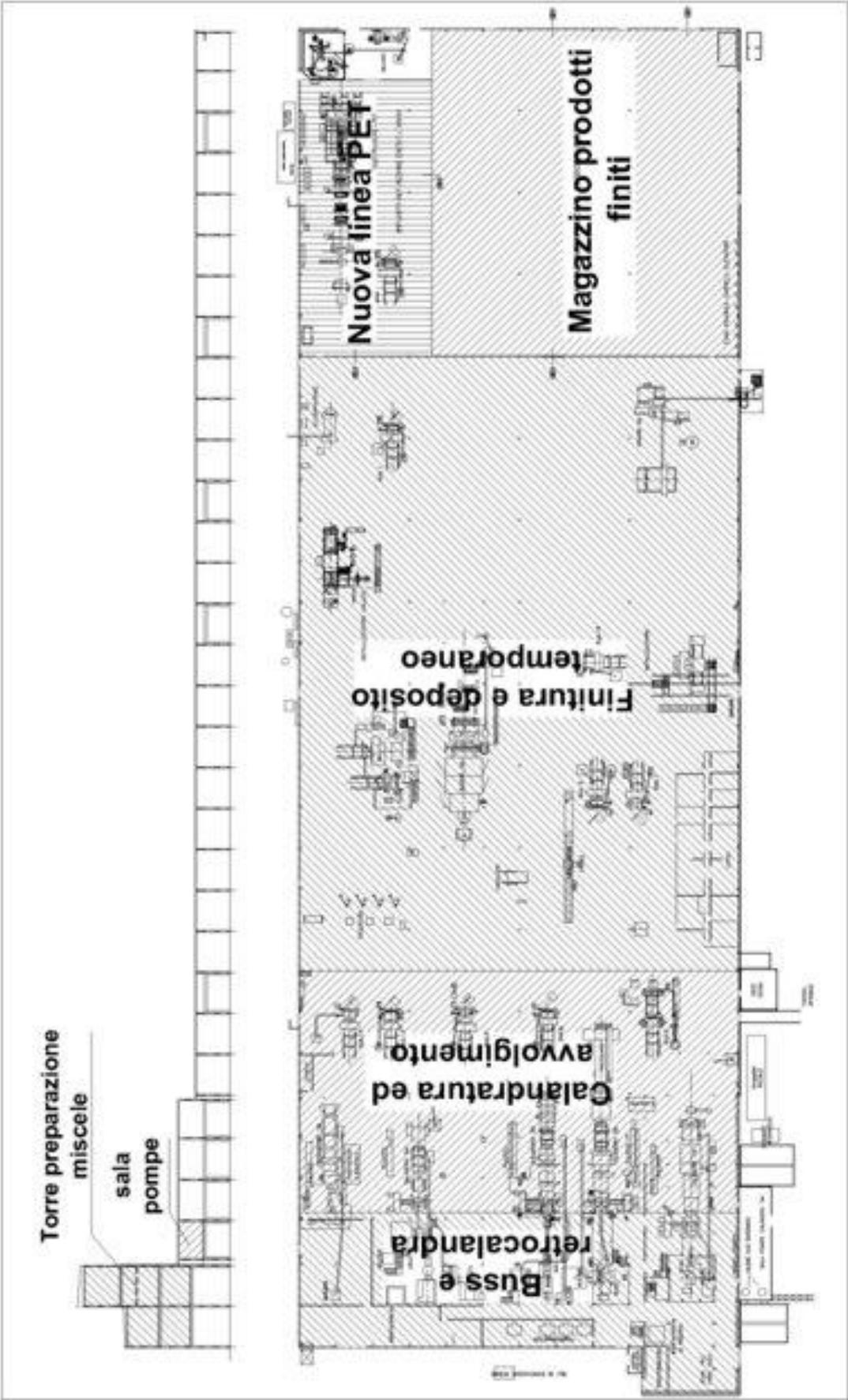


Figura 20 Plant-layout di uno stabilimento dedito alla produzione di PVC



4.7 Ubicazione degli impianti industriali

4.7.1 Generalità

4.7.2 Fattori ubicazionali di carattere territoriale

4.7.3 La scelta del terreno

4.7.4 La scelta del terreno: esame di alcuni casi di studio

A completamento di quanto riportato dal prof. Monte nel suo libro, di seguito si propongono e si commentano alcune immagini di insediamenti industriali in relazione ai fattori ubicazionali considerati.

4.7.4.1 *Il caso della Val Trompia (BS)*

La val Trompia (Figura 21) è situata in Lombardia, in provincia di Brescia, sul cui Capoluogo incombe da nord. Costituisce una valle stretta e incassata tra monti piuttosto elevati, servita da un'unica strada statale su cui si riversa un traffico intenso nell'intero arco della giornata e in qualsiasi periodo dell'anno. Pur tuttavia la zona pullula di industrie manifatturiere sorte in diretta contiguità con i centri abitati e spesso in commistione con essi. La presenza di una così accentuata concentrazione di industrie sembrerebbe contraddire i criteri di scelta presentati, almeno limitatamente alla facilità di comunicazione, alla presenza di materie prime, ai costi dei terreni e all'opportunità di tenersi lontani dai centri abitati.

In realtà, la zona rappresenta da secoli il centro italiano della filiera delle armi leggere (Gardone Val Trompia è la sede della Beretta), produzione di evidente specializzazione per la quale risulta di particolare importanza la reperibilità di manodopera altamente specializzata e la presenza di aziende complementari (fonderie leggere, produzione di macchine utensili, servizi logistici, lavorazioni meccaniche conto terzi, ecc.)

4.7.4.2 *La zona industriale di Manzano (UD)*

La Figura 22 si riferisce alla zona industriale di Manzano, caratterizzata da una elevata concentrazione di aziende manifatturiere, per lo più operanti nel settore del legno e specificatamente rivolte alla produzione di sedie¹⁰ (produzione di sedie, produzione di elementi curvati a caldo, essiccazione del legno). Non mancano le aziende complementari e sussidiarie, quali quelle dedite alla produzione di vernici per il legno, di macchine utensili, di utensili, di stabilimenti per la verniciatura, ecc.).

¹⁰ Il comune di Manzano, assieme ai comuni limitrofi di San Giovanni al Natisone e Buttrio costituisce il così detto triangolo della sedia, ove avviene buona parte della produzione nazionale del settore, con esportazioni in tutto il mondo.

Figura 21 Vista aerea della Val Trompia

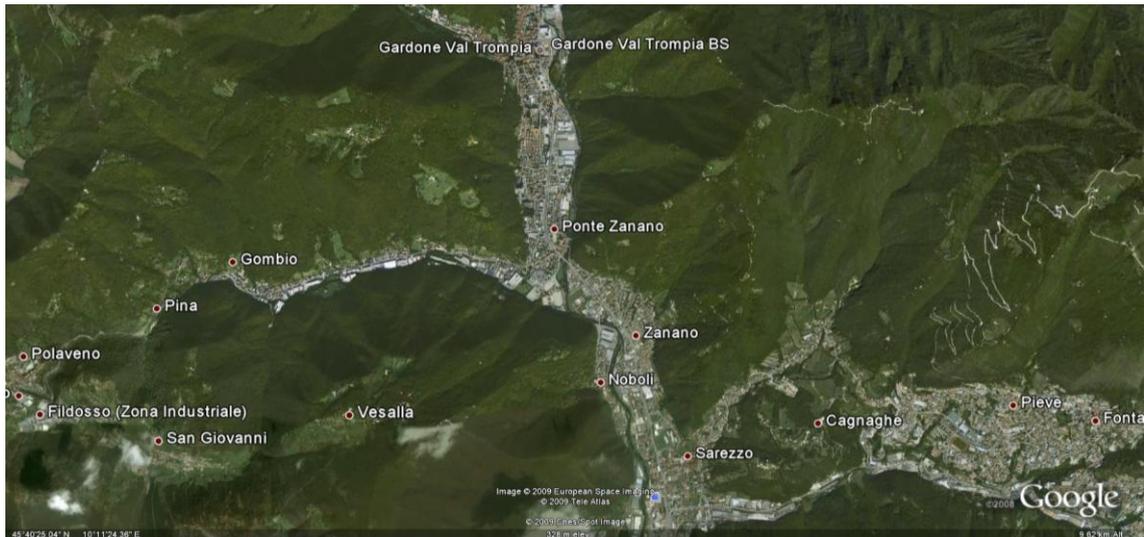


Figura 22 Vista aerea della zona industriale di Manzano (UD)



Emerge una netta separazione tra l'agglomerato urbano e quello industriale, separati dalla strada statale 56 che però, gravata da un traffico intensissimo, costituisce un collo di bottiglia nel collegamento delle aziende ai mercati di sbocco. La presenza di una linea ferroviaria allevia solo in parte i disagi nei collegamenti, stanti le note carenze che caratterizzano tale mezzo di trasporto nel nostro Paese.

Malgrado i disagi nei collegamenti, in linea generale l'eventuale insediamento di aziende in tale territorio sembra giustificato sotto il profilo della presenza di manodopera specializzata (siamo in presenza di un vero e proprio distretto industriale), delle condizioni del terreno (adeguatamente ampio, esente dal pericolo di inondazioni, pianeggiante, consistente), dello smaltimento dei rifiuti della

lavorazione del legno (in zona è attivo un termovalorizzatore specificatamente dedicato a tale tipologia di residui), alla presenza di aziende complementari o ausiliarie.

4.7.4.3 *La zona industriale "Vallenoncello" di Pordenone*

In Figura 23 si riporta una vista aerea della zona industriale Vallenoncello di Pordenone. Emerge una sostanziale separazione dal centro abitato, la presenza di uno svincolo autostradale a testimonianza della felice collocazione geografica nei riguardi dei trasporti, la presenza presumibilmente nutrita di manodopera proveniente dall'attiguo centro urbano, una natura del terreno pianeggiante, in larga misura disponibile, ecc..

Tutti o quasi i criteri di scelta presentati sembrerebbero rispettati in relazione alla collocazione topografica di questo territorio.

Non si può tuttavia omettere di ricordare che la presenza di un corso d'acqua, se da un lato costituisce tendenzialmente garanzia per un sicuro approvvigionamento idrico, dall'altro può costituire una minaccia in relazione alle possibili inondazioni. Fatto che effettivamente accadde la notte del 25 novembre 2002 a causa dell'esonazione del fiume Noncello, mandando sott'acqua l'intera zona industriale con danni ai macchinari e fermo della produzione.

Figura 23 Pordenone - Zona industriale "Vallenoncello"

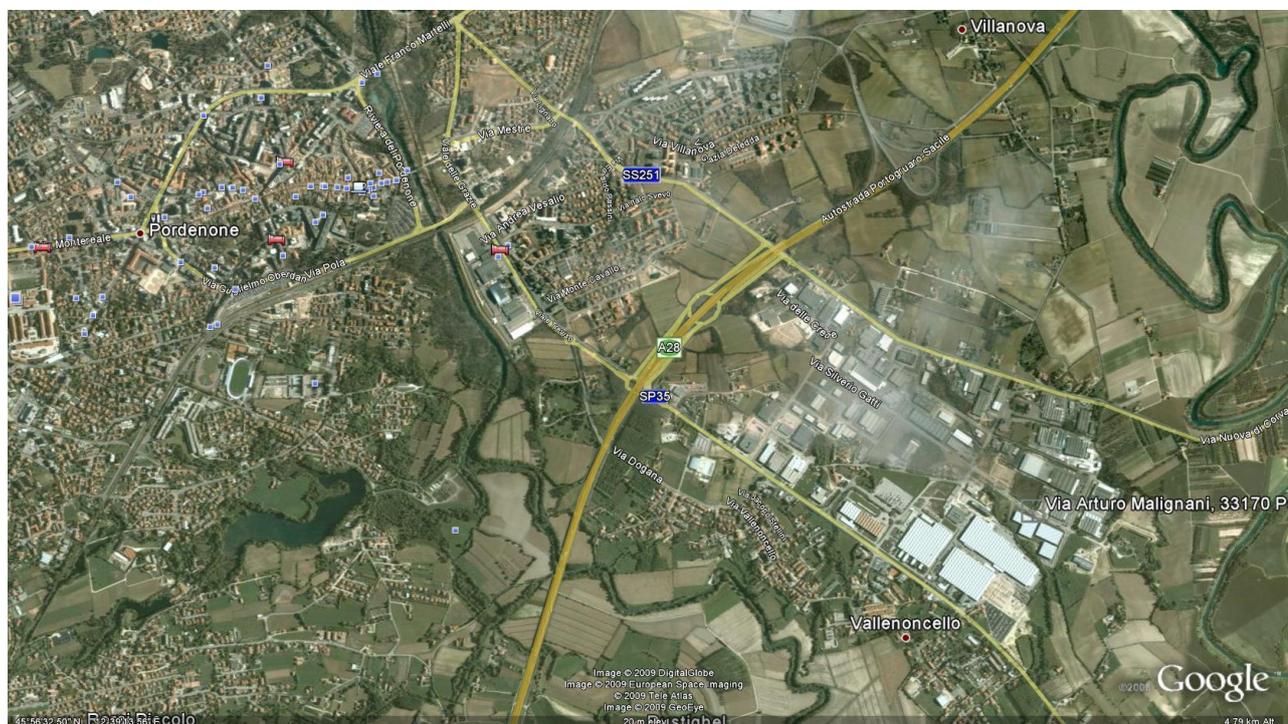


Figura 24 L'alluvione di Pordenone del 26 novembre 2002



4.7.4.4 *Il caso della Ferriera di Servola (TS)*

La Figura 25 si riferisce alla "Ferriera" di Servola, che rappresenta uno stabilimento siderurgico che, fino al 2002 a ciclo integrale (dal minerale ai semilavorati in acciaio), è ora dedito alla sola produzione di ghisa di varia tipologia.

Lo stabilimento occupa complessivamente 600.000 m², di cui circa 104.000 m² sono coperti. Il processo produttivo attualmente adottato risulta sinteticamente rappresentato dal diagramma qualitativo a blocchi Figura 26. La materia prima di partenza è costituita da minerale di ferro e carbone fossile di diversa provenienza, i quali pervengono allo stabilimento per mezzo di navi e vengono depositati in piazzale sotto forma di cumuli. Da qui vengono prelevati e sottoposti a trattamenti preliminari (di cokificazione il carbone e di agglomerazione il minerale) prima di essere alimentati all'altoforno.

La Figura 25 evidenzia la stretta contiguità dello stabilimento con l'area urbana, costituita dal quartiere di Servola, che in determinate condizioni di ventosità (brezza di mare e scirocco) risulta investito in pieno dagli effluenti gassosi generati dall'attività industriale che trasportano inquinanti di diversa natura (polveri, monossido di carbonio, benzene, benzo_apirene, odori molesti, ecc.). Tale indesiderabile circostanza è alla base di un contenzioso che ormai da un decennio oppone Autorità locali e comitati cittadini alla proprietà dello stabilimento e che, in diverse occasioni, ha motivato l'intervento della magistratura.

Se risulta evidente l'infelice collocazione territoriale dello stabilimento in palese violazione di uno dei criteri ubicazionali indicati dal prof. Monte nel suo trattato, bisogna tuttavia ricordare che, al

momento della fondazione (ultimo decennio del 1800), lo stabilimento sorgeva su un'area praticamente disabitata e presentava una *fascia di rispetto* di circa 1 km che lo separava dal preesistente abitato di Servola.

Lo sviluppo urbano è intervenuto successivamente, dapprima con la costruzione di un quartiere operaio per le maestranze impiegate nello stabilimento (già allora comunque adeguatamente distanziato dalla recinzione di quest'ultimo) e, in anni relativamente recenti (dal secondo dopoguerra ad oggi), ha saturato le aree di rispetto, fino ad interessare direttamente i confini dello stabilimento.

Senza entrare nel merito di una vicenda estremamente complessa per le implicazioni politiche, economiche, sociali e giuridiche, si sottolinea come la contiguità di tali tipologie di stabilimento ai centri abitati sia di disturbo sia alla comunità interessata che all'attività industriale e sia, per tanto, assolutamente da evitarsi.

Figura 25 Vista aerea della Ferriera di Servola



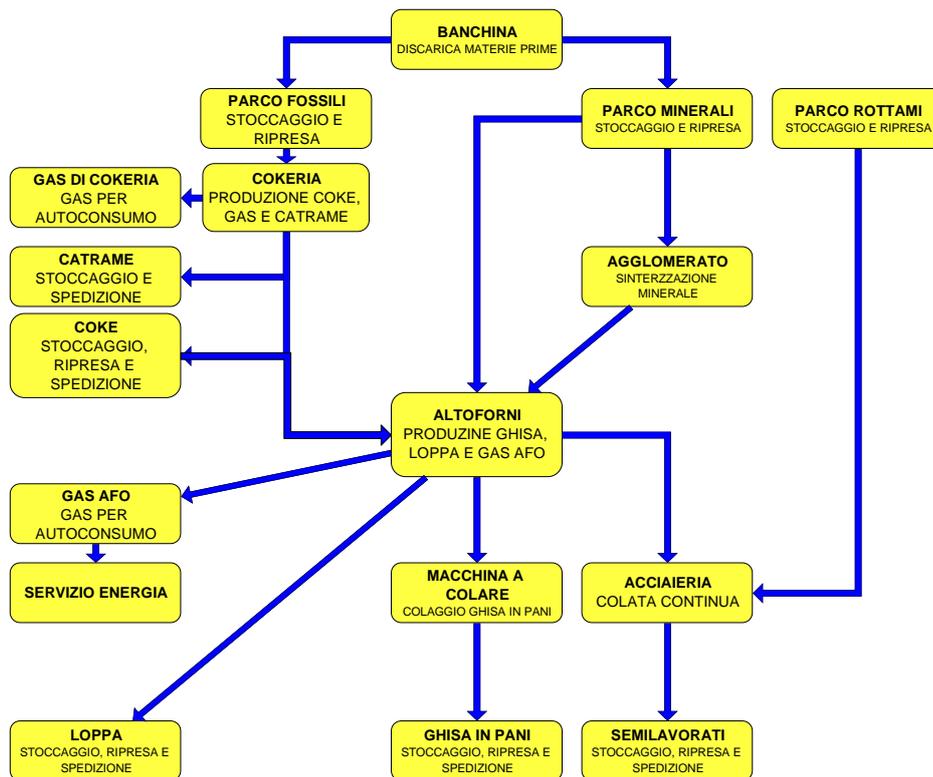


Figura 26 Schema qualitativo a blocchi del processo produttivo adottato presso lo stabilimento siderurgico della Servola S.p.A.

4.7.5 Il decentramento industriale

4.8 Sulla terminologia adottata nel campo degli impianti industriali

Al fine di usare con maggiore proprietà parole spesso ricorrenti nel campo degli impianti industriali, mette conto fare alcune precisazioni di carattere terminologico, mancando, purtroppo, ogni unificazione o normazione in proposito. Secondo una classica definizione, marcatamente merceologica, si dicono *materie prime* quelle che la natura, o al massimo l'industria di base, mette a disposizione dell'uomo (per esempio, grano, minerali, cotone, ghisa, rame), mentre si chiamano *semilavorati* i prodotti delle elaborazioni intermedie (per esempio, filati di cotone, acciaio in lingotti, profilati, ecc.) e *prodotti finiti* quelli che escono dalla fase industriale per passare direttamente al commercio e quindi al consumo, cioè immediatamente utili ai bisogni dell'uomo (per esempio, pasta, pane, tessuti, organi meccanici, ecc.). Praticamente, però, *materie prime*, *semilavorati* e *prodotti finiti* si riferiscono alla particolare industria che li utilizza e li produce, sicché per i mulini il grano sarà materia prima, e la farina sarà prodotto finito. Tale farina sarà materia prima per il panificio, il cui prodotto finito sarà il pane e così via.

4.8.1 Materie in ingresso al ciclo produttivo

Le materie prime, o principali, cioè quelle che costituiscono l'oggetto dell'elaborazione, potranno poi distinguersi in *definite* o *indefinite* a seconda che la loro forma e la loro misura dipendano oppure no dalla forma del bene da produrre. Saranno quindi *indefinite* le barre, le lamiere, i fili, ecc., mentre saranno *definiti* i getti, i fucinati, i tranciati, ecc.

Le altre materie, dette *ausiliarie*, *secondarie*, *accessorie* o di *consumo*, sono quelle che concorrono alla elaborazione delle materie principali. Talvolta per alcune di esse (come per i combustibili) si parla anche di *materie perdenti peso*, per ovvie ragioni. Si usa, talvolta, distinguere tali materie accessorie in *dirette* e *indirette*: si dicono *materie dirette* quelle che intervengono nel ciclo e si ritrovano nel prodotto, il cui costo possa immediatamente e direttamente determinarsi e imputarsi al prodotto finito; si dicono *materie indirette* quelle consumate nel processo produttivo, che non si ritrovano nel prodotto e (o) il cui costo non possa direttamente e immediatamente imputarsi al prodotto finito.

4.8.2 Materie in uscita dal ciclo produttivo

I *prodotti* costituiscono lo scopo principale dell'industria, mentre i *sottoprodotti* hanno le stesse caratteristiche di immediata utilità dei prodotti e possono quindi considerarsi come prodotti secondari, non tanto per importanza, potendo spesso aver valore anche maggiore dei prodotti principali, ma in quanto quasi involontariamente, ma necessariamente, ottenuti nella fabbricazione dei prodotti principali (per esempio, la glicerina nella fabbricazione dei saponi, il gas nelle cokerie e il coke nelle fabbriche di gas).

I *casami*, che possono considerarsi come una particolare categoria di sottoprodotti, sono formati da residui inevitabili, ottenuti nelle varie fasi di alcune lavorazioni, aventi valore nettamente inferiore a quello dei prodotti e dei sottoprodotti. Possono spesso servire come materie prime per industrie derivate, spesso collaterali a quelle principali (per esempio le sanse nella fabbricazione dell'olio d'oliva e, generalmente, i residui delle industrie tessili). Caratteristico può essere il caso delle scorie d'altoforno, che costituivano un rifiuto particolarmente fastidioso dell'industria siderurgica, e che oggi possono invece considerarsi un casame, per giunta di notevole valore, da quando si è trovata la possibilità di usarle per la fabbricazione dei cementi d'alto forno, sfruttando le loro notevoli proprietà idrauliche.

Gli *scarti* sono, invece, rappresentati da prodotti che non presentano caratteristiche tali da renderli idonei all'uso cui erano destinati; *ritagli* e *sfridi* sono i residui di particolari lavorazioni, generalmente meccaniche, e tutti insieme possono eventualmente, rientrare in ciclo per le necessarie rielaborazioni, acquistando allora caratteristiche di *recuperi*, che sono appunto materie, o anche



energie, che andrebbero inevitabilmente perdute, se non si studiasse la maniera di utilizzarle, generalmente però con basso rendimento. Perdite e cali rappresentano, poi, le parti di materia e di energia che non si riesce in alcun modo a salvare.

5. Edilizia industriale

5.1 I fabbricati industriali

5.1.1 Generalità

5.1.2 Classificazione dei fabbricati

Figura 27 Esempio di fabbricato ad un solo piano (Stabilimento Texgiulia - Gorizia)



Figura 28 Fabbricati industriali a sviluppo intensivo (Torre preparazione miscela) e a sviluppo estensivo (Finitura e deposito temporaneo) coesistenti nel medesimo impianto industriale. (Adriplast - Monfalcone)

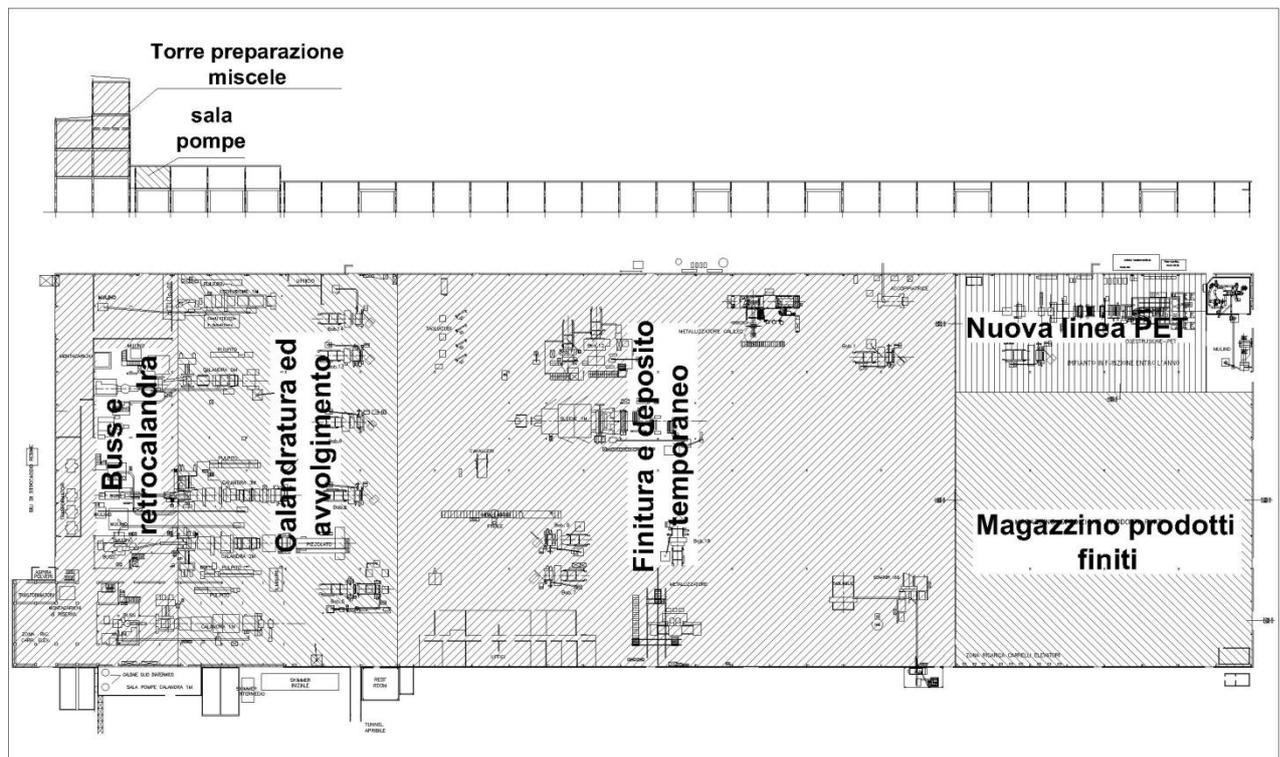


Figura 29 Vista assonometrica dello stabilimento Adriplast di Monfalcone

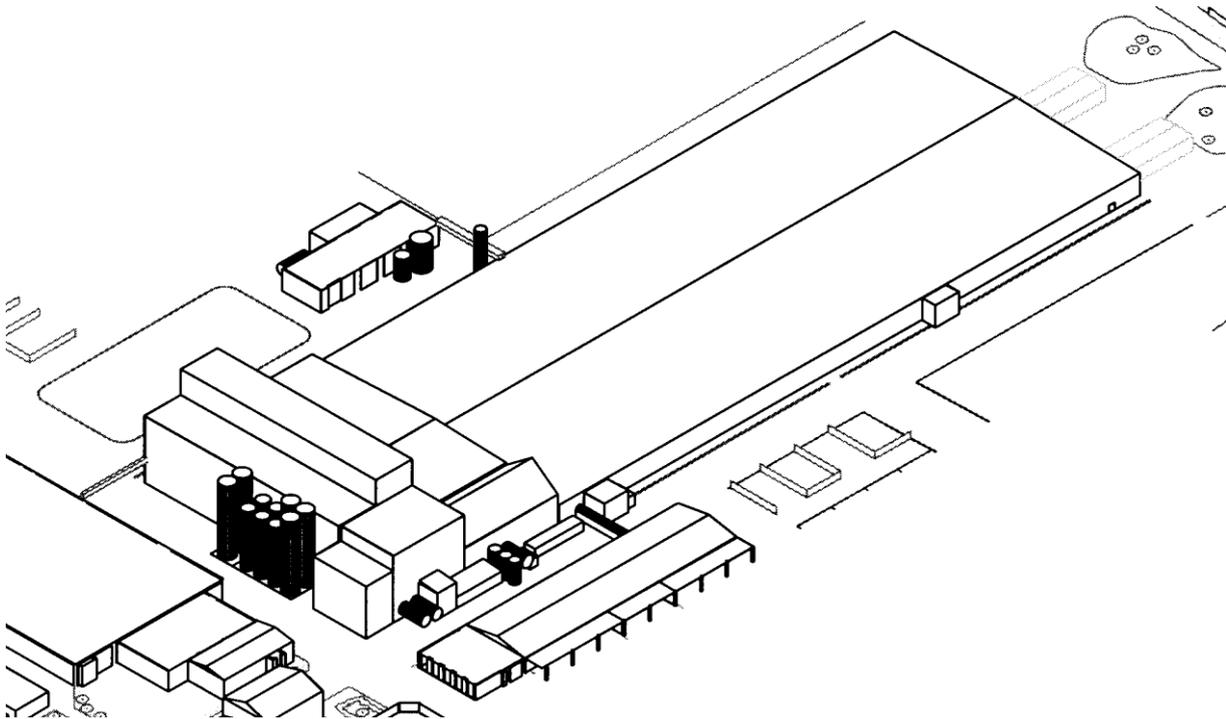


Figura 30 Fabbricato industriale a sviluppo intensivo (Prosciuttificio Kras di Šepulje - Slovenia)



5.1.3 Sistemi costruttivi

5.1.3.1 Calcestruzzo armato precompresso

Figura 31 Elemento di solaio prefabbricato in cemento armato precompresso



Figura 32 Fabbricato industriale monopiano realizzato in elementi monodimensionali in cemento armato precompresso

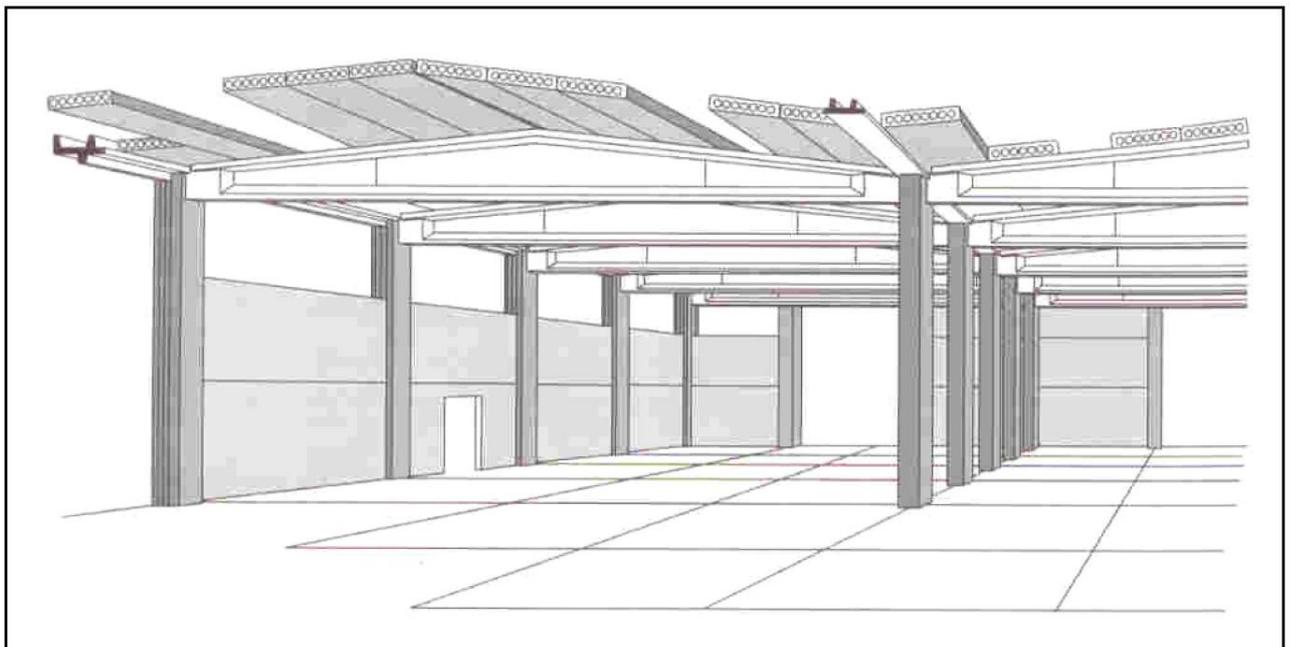


Figura 33 Pannelli di copertura alveolari in cemento armato precompresso

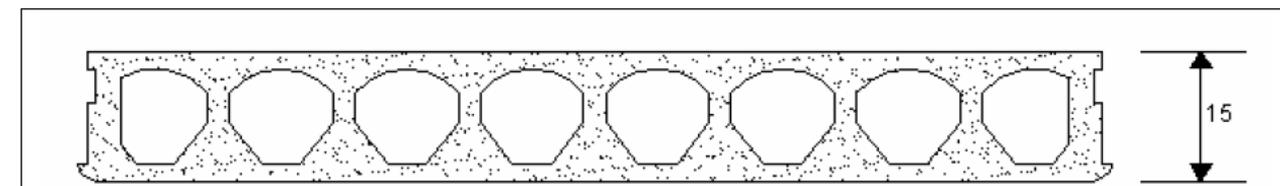


Figura 34 Trave a doppia pendenza in cemento armato precompresso

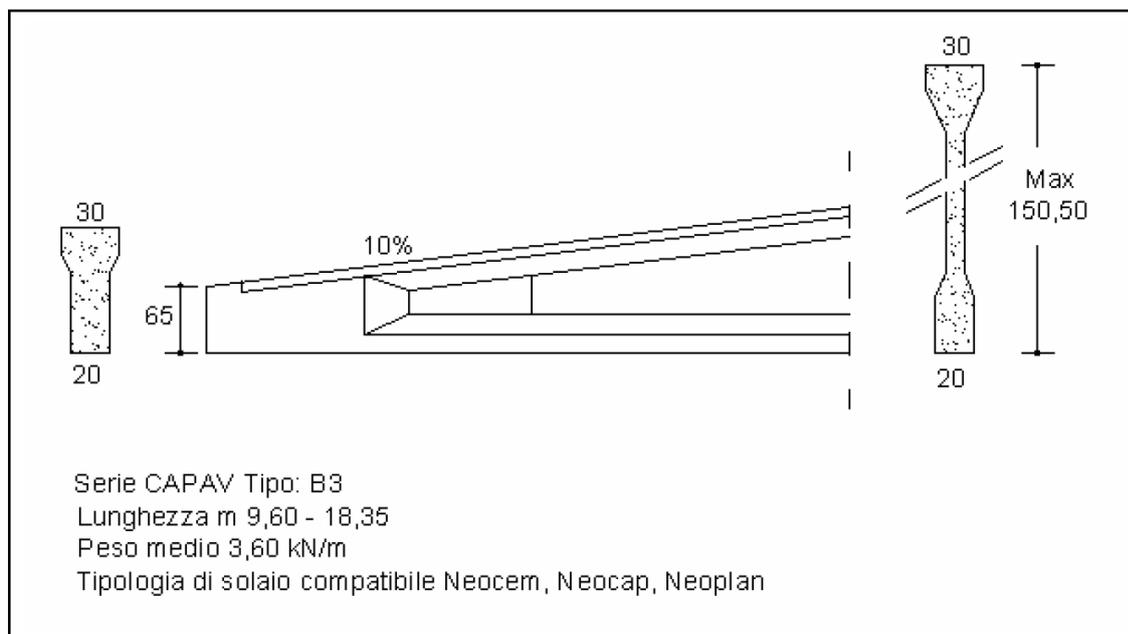


Figura 35 Fabbricato industriale pluripiano realizzato in elementi monodimensionali in cemento armato precompresso

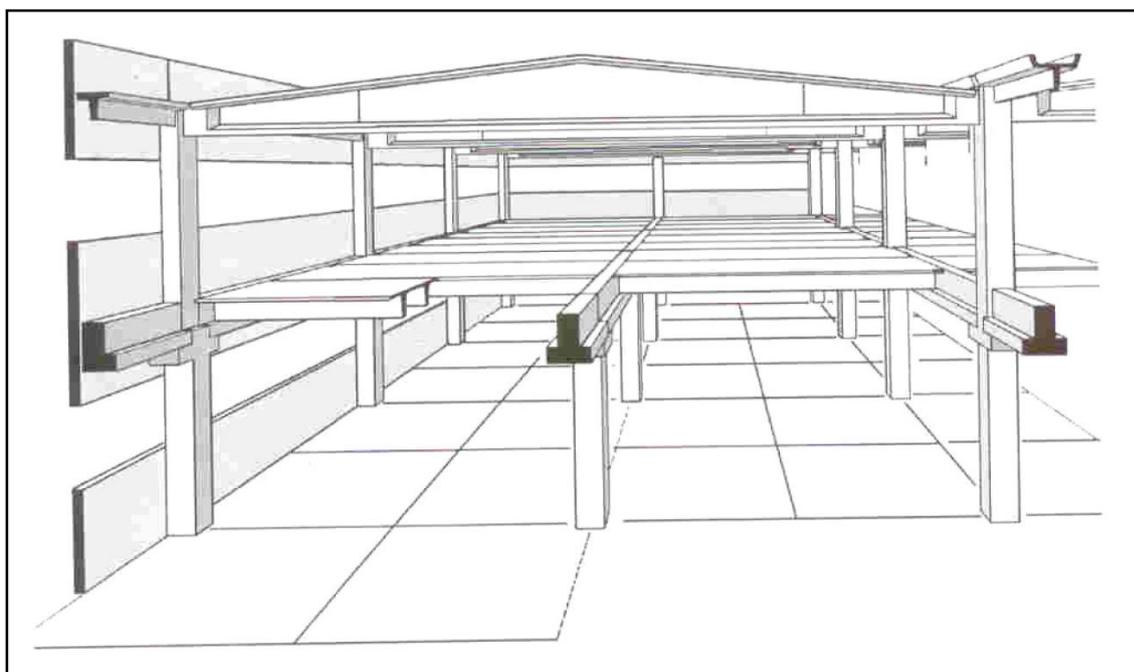


Figura 36 Pilastrini intermedi in cemento armato precompresso

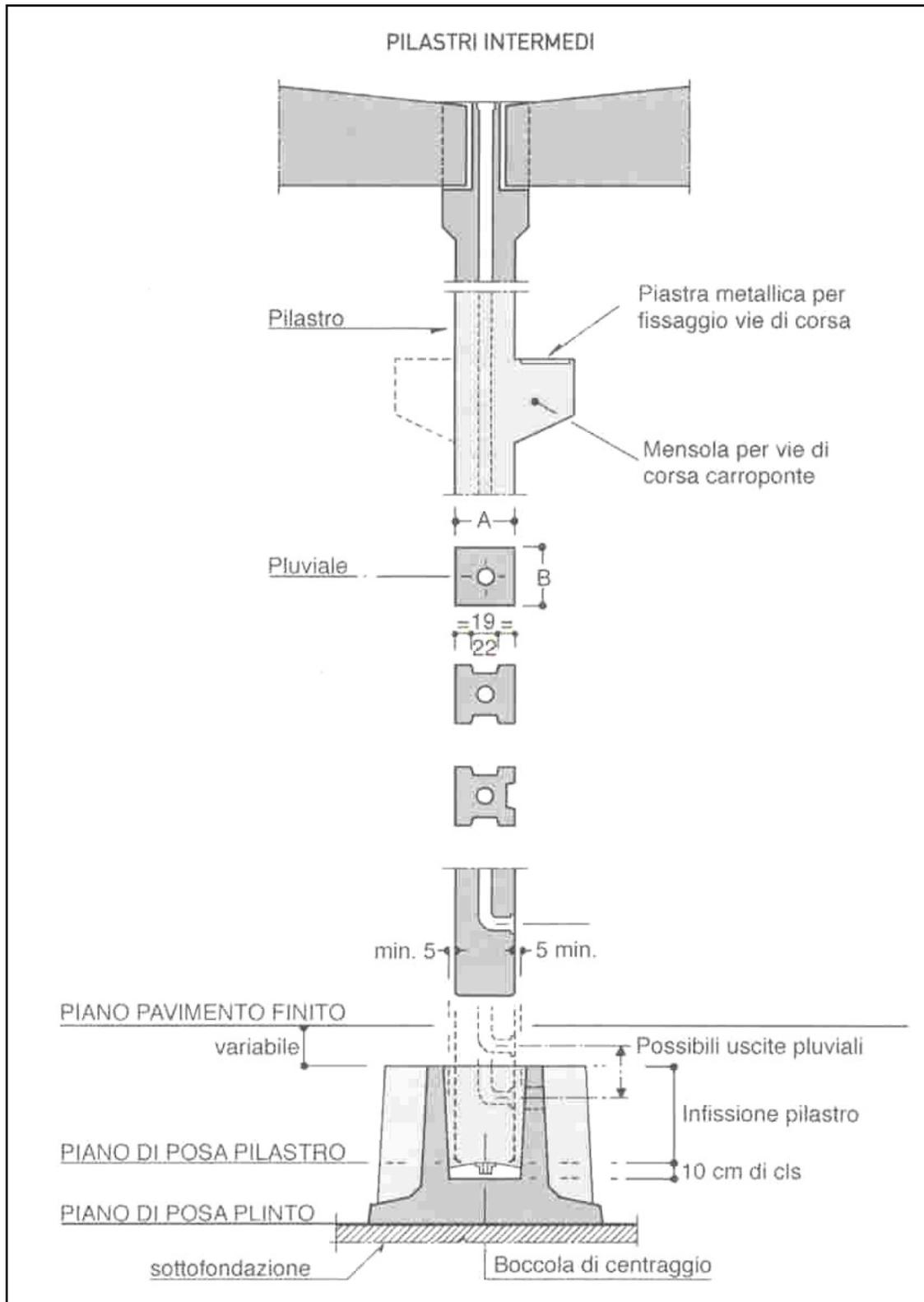


Figura 37 Sistemi di copertura piana in cemento armato precompresso

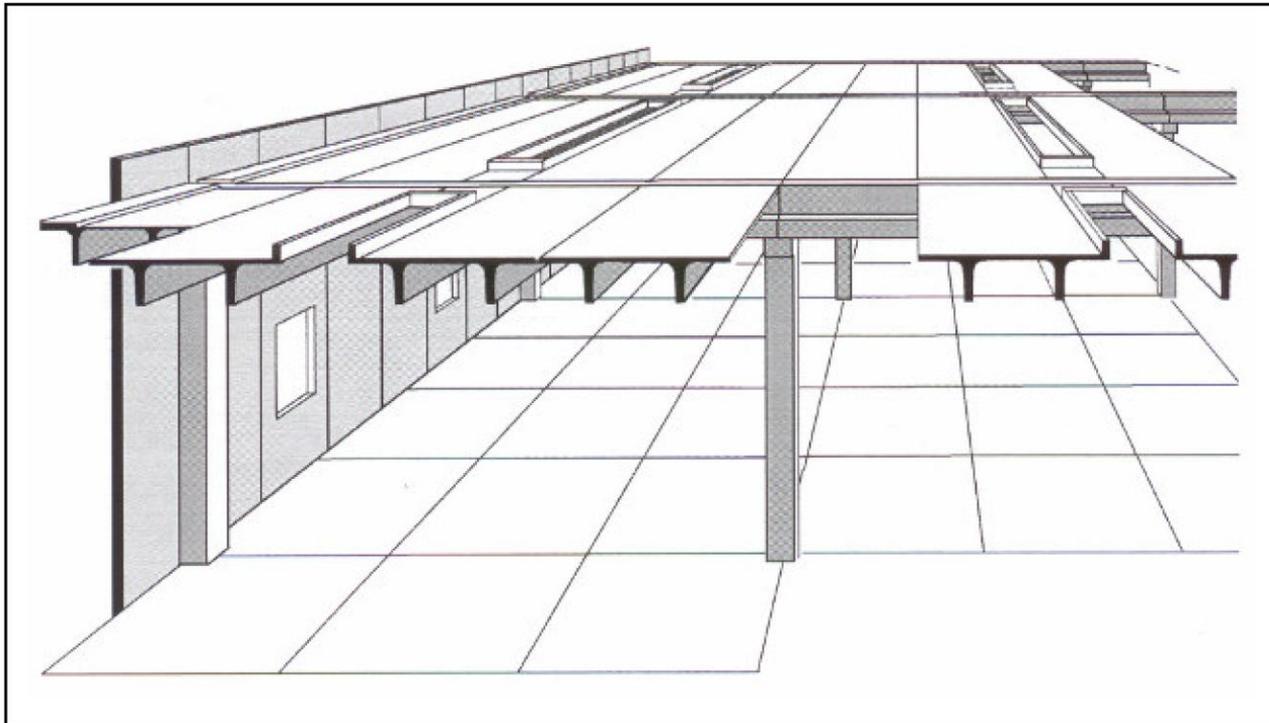
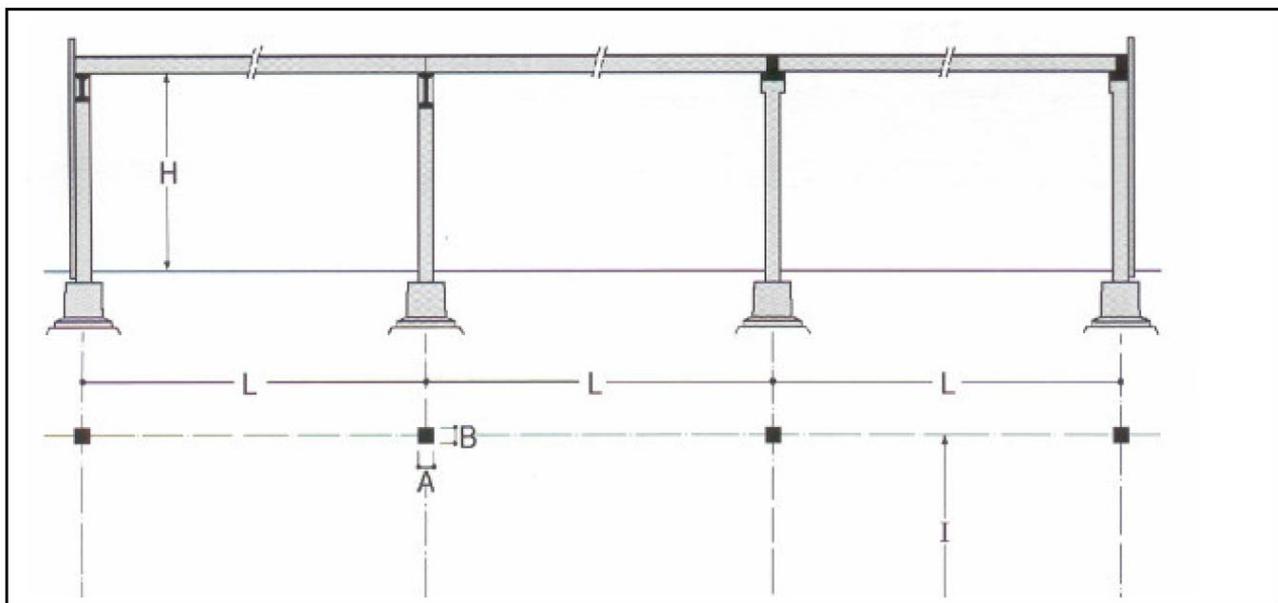


Figura 38 Elementi portanti del fabbricato



5.1.3.2

Acciaio

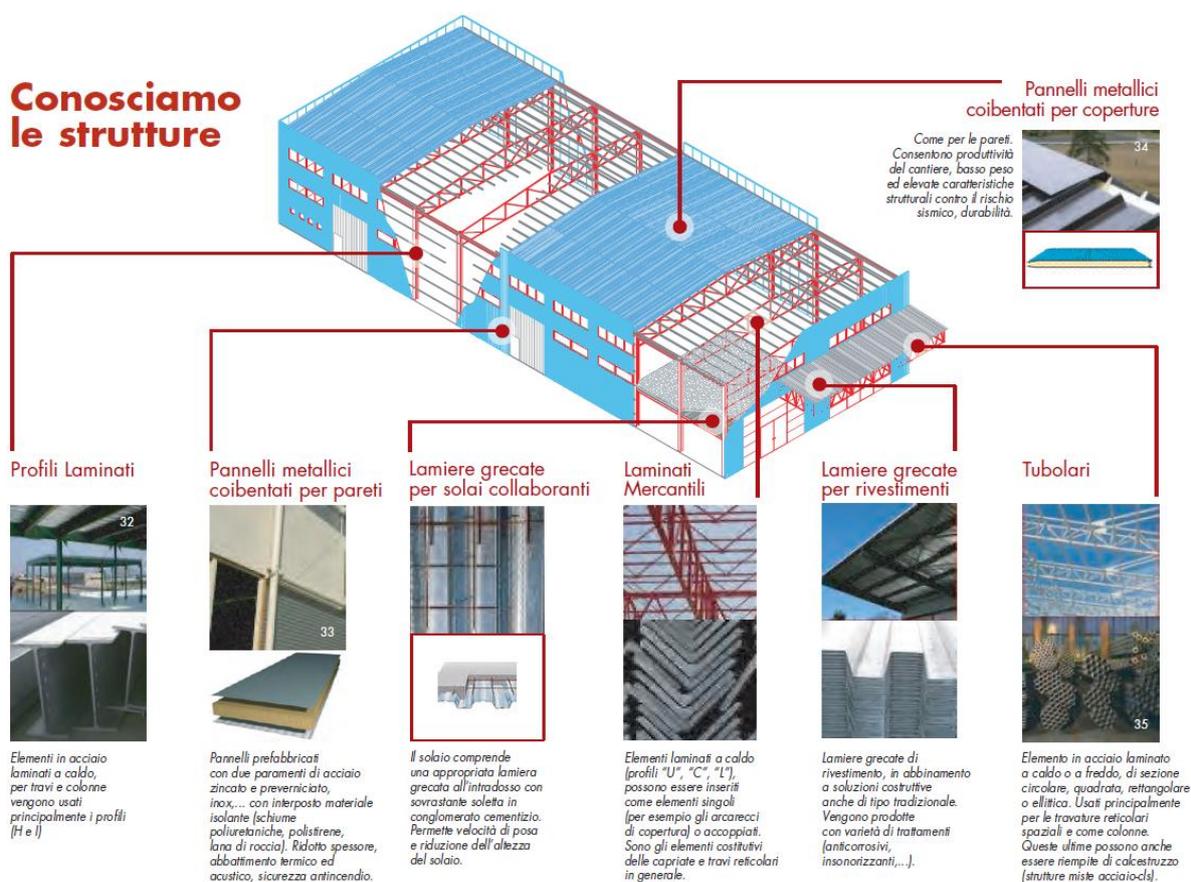
Figura 39 Fabbricato in acciaio in fase di realizzazione



Figura 40 Magazzino pluripiano realizzato in acciaio



Figura 41 Rappresentazione schematica di un fabbricato industriale in acciaio



5.1.3.3 Laterizio armato

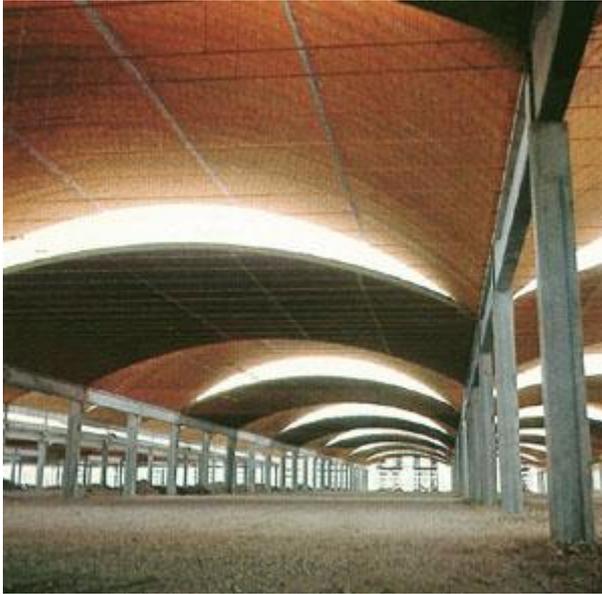
Le strutture a volta sottile in latero-cemento hanno avuto il maggior sviluppo tra gli anni '60 e '70, trovando largo impiego nelle soluzioni tecniche legate alla copertura di spazi ed ambienti caratterizzati da grandi luci, e quindi di particolare impegno statico e costruttivo.

Le forme particolari a cui tali coperture danno luogo, si prestano alla trasposizione ai comparti costruttivi più differenziati, sia per requisiti propri di progetto che di utilizzazione.

Dall'edilizia per l'industria e del terziario a quella sociale e dello sport, a quella religiosa, per più di un ventennio il laterizio è diventato "forma" ed "architettura" conservando sempre le sue peculiari caratteristiche statiche di struttura portante sviluppandone in modo più tecnico e tecnologico i requisiti fino allora più tradizionali, anche se innovativi e caratteristici dei solai.

Nel comparto industriale e del terziario l'impiego di volte sottili, ha permesso le varianti più significative alla tradizionale immagine dei capannoni industriali caratterizzati da coperture a volta circolare o da falde piane a profilo di capriata variamente segmentate (Figura 42).

Figura 42 Coperture tradizionali a volta circolare e a capriata



Con le nuove forme di volte a doppia curvatura, a crociera o a falda di paraboloidi iperbolici si è imposta una progettazione più accurata ed anche di migliore ambientazione con il territorio urbano. I problemi funzionali di spazio libero da pilastri e travature, di linee di percorso più funzionali, di illuminazione diffusa o orientata, sono stati risolti con soluzioni innovative quali volte a vela o a crociera, in accostamento o separate da corsie piane appese ai bordi delle volte stesse per una illuminazione diffusa dai timpani finestrati (Figura 43, Figura 44 e Figura 45), volte conoidi o alternate con lucernari falcati per una illuminazione unidirezionale di tipo shed (Figura 47). La soluzione con elementi a quattro falde di paraboloidi iperbolici consente le medesime disposizioni di illuminazione ricavata dai timpani triangolari di perimetro o variamente strutturati per soluzioni particolari di esigenze di lavorazione interna.

Figura 43 Stabilimento industriale con voltine a vela da m 10x10 distanziate da corsie piane.

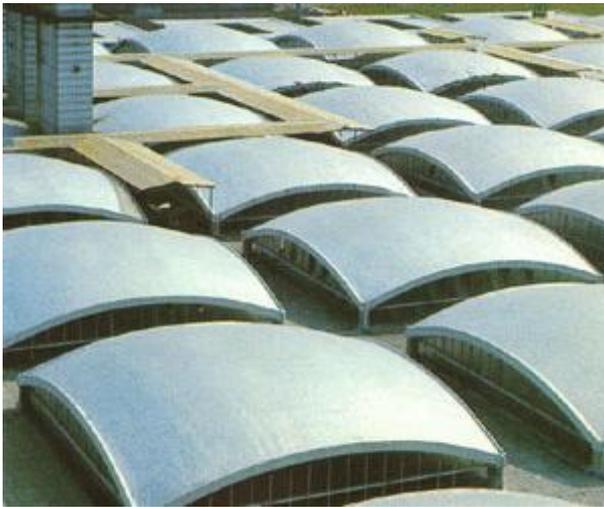


Figura 44 Volte a crociera con corsie lungo i bordi e illuminazione diffusa



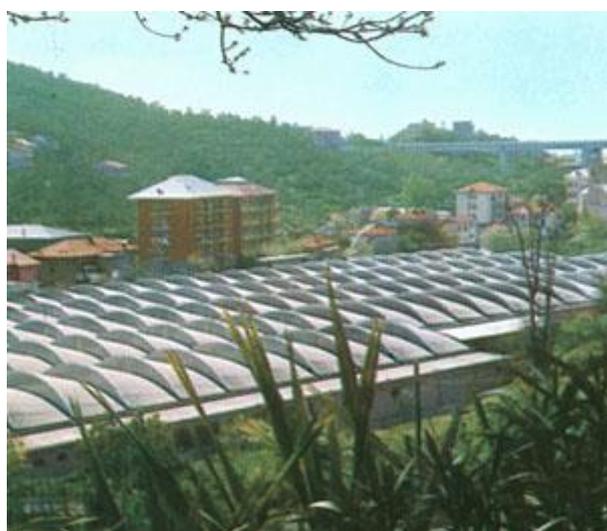
Figura 45 Volta a crociera con raccordi circolari per lucernai falcati.



Figura 46 Deposito autobus a Pescara coperto con 8 volte a vela di luce m 30x30 con corsie piane.



Figura 47 Esempificazione di volte conoidi con illuminazione unidirezionale



5.1.4 Principali parti costituenti di un fabbricato

5.1.4.1 Fondazioni

Figura 48 Classificazione delle fondazioni su terreno consistente

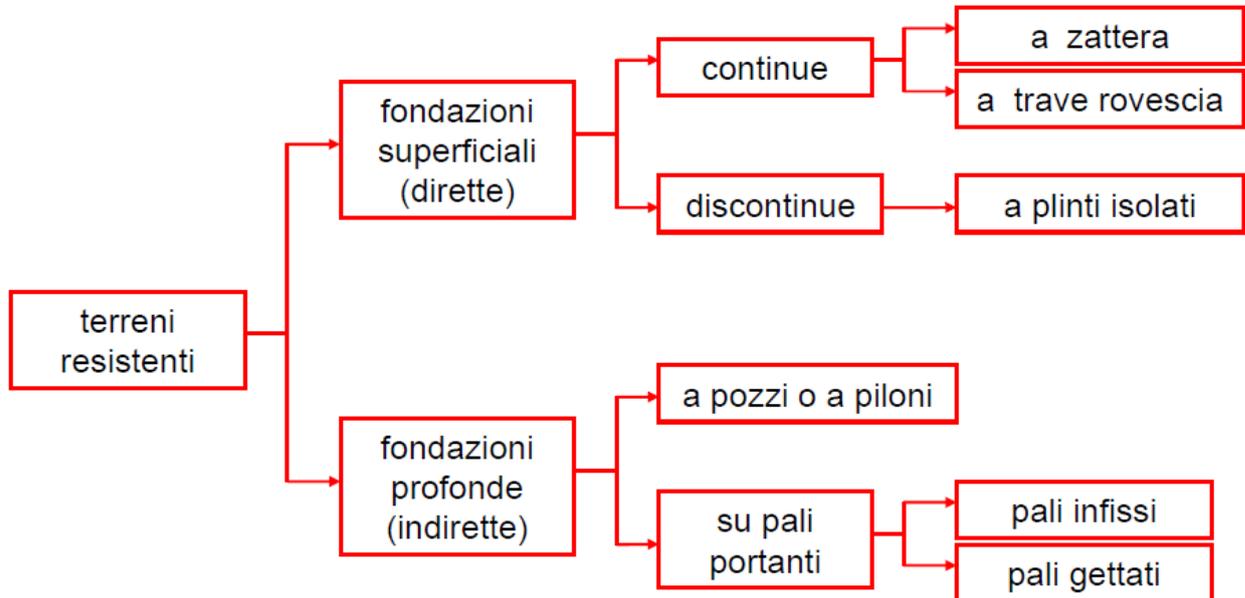


Figura 49 Classificazione delle fondazioni su terreno inconsistente

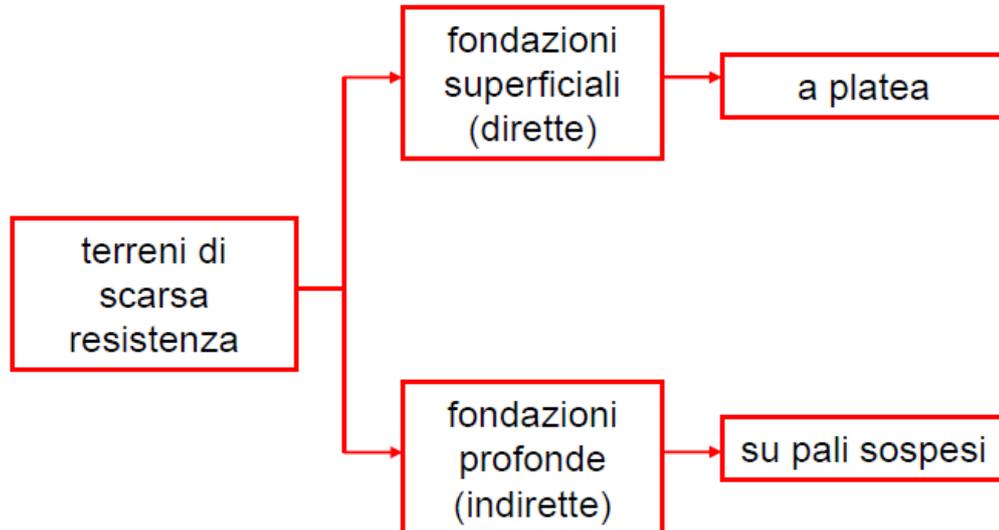
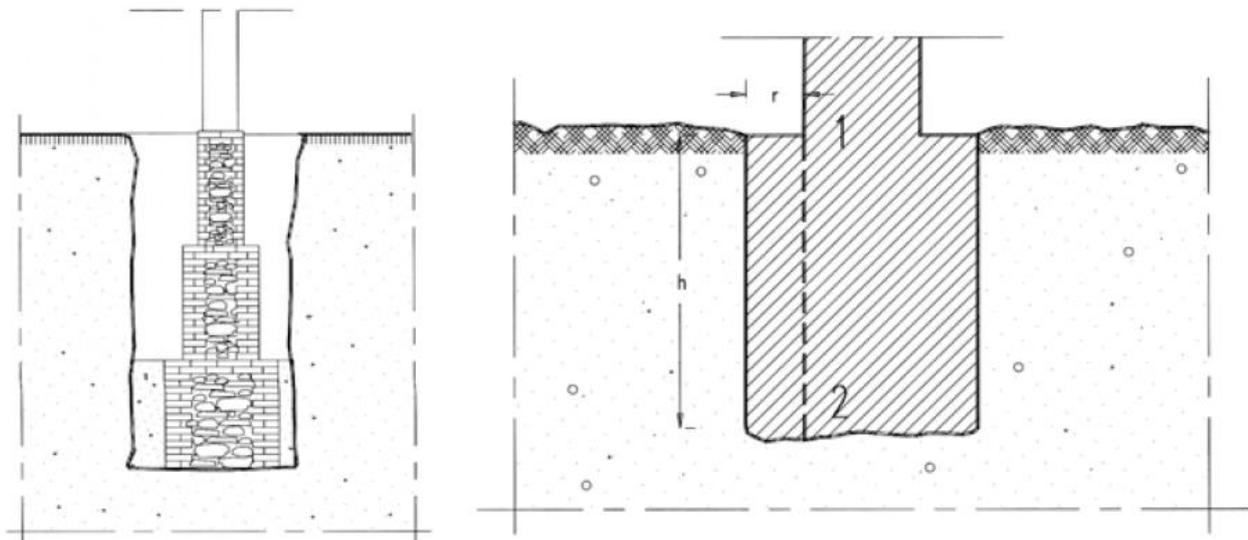


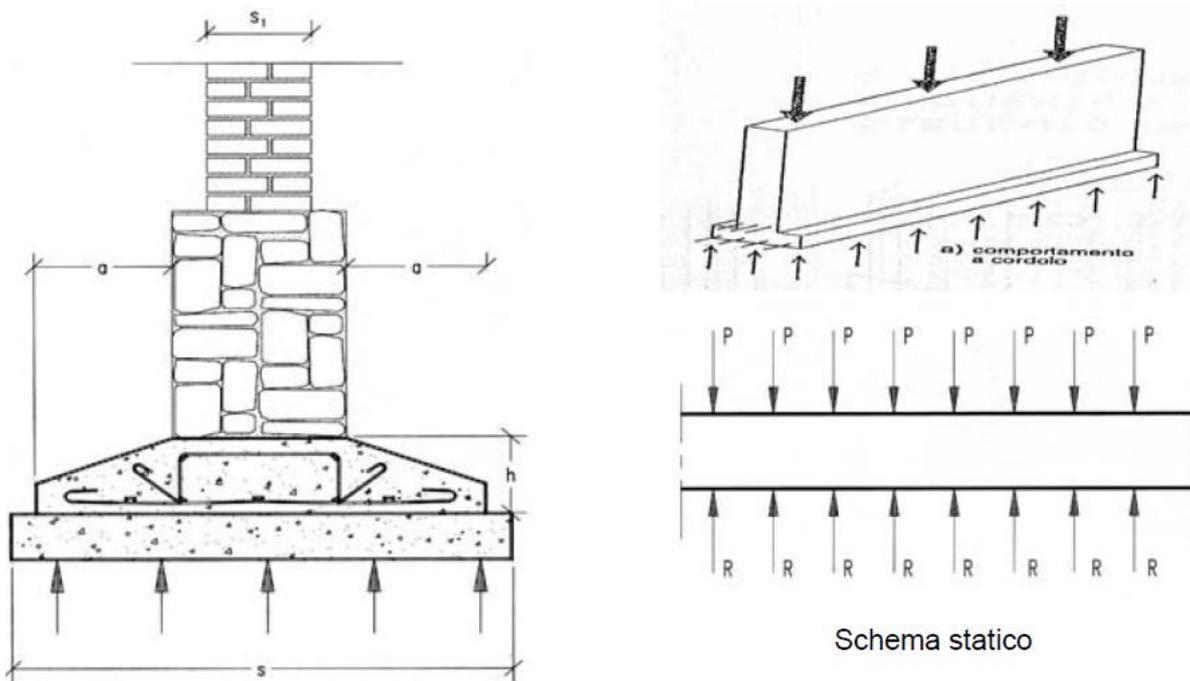
Figura 50 Fondazioni continue in muratura



f. c. con paramenti verticali e successive riseghe

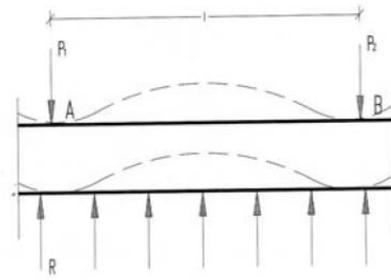
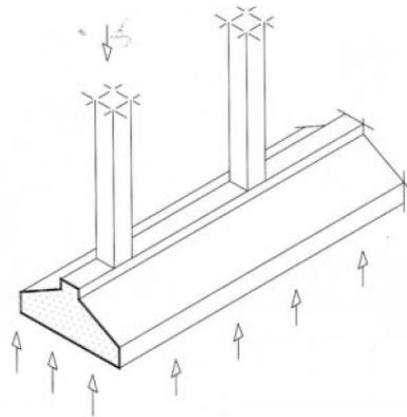
Rapporto tra risega "r" e altezza "h": $r = h/5$

Figura 51 Fondazioni continue a zattera

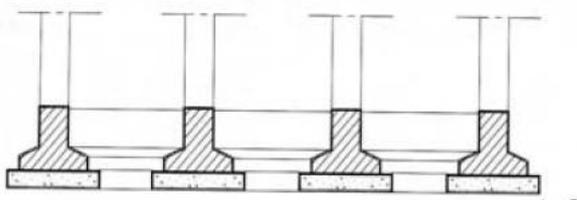


Schema statico

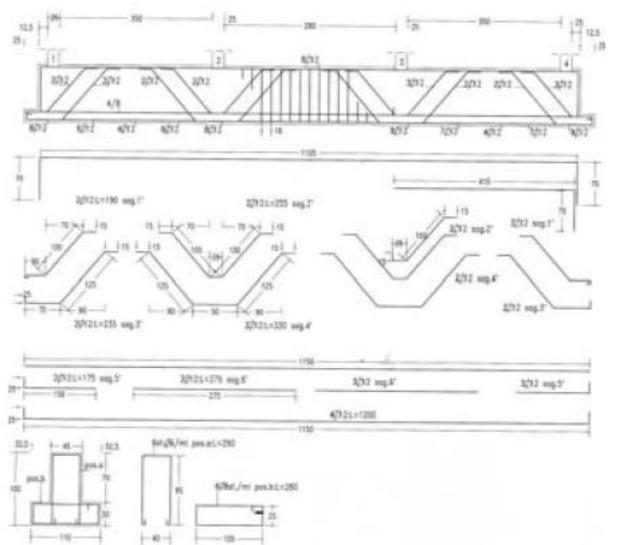
Figura 52 Fondazioni continue a trave rovescia



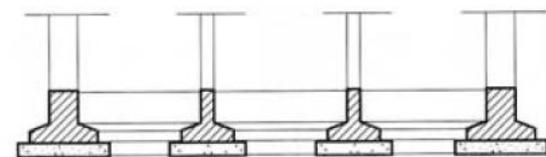
Schema statico



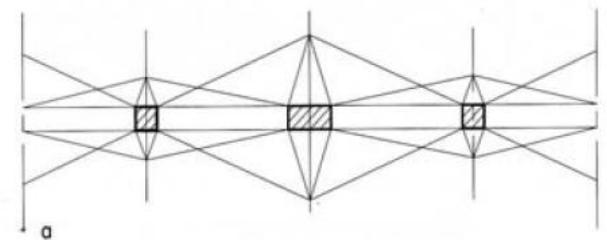
Sezione A-B



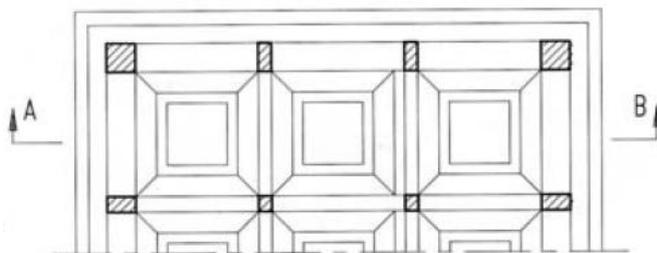
Carpenteria esecutiva delle armature



sezione A-B



a



b

Reticolo di travi rovesce

Travi rovesce a larghezza variabile

Figura 53 Fondazioni discontinue a plinti isolati

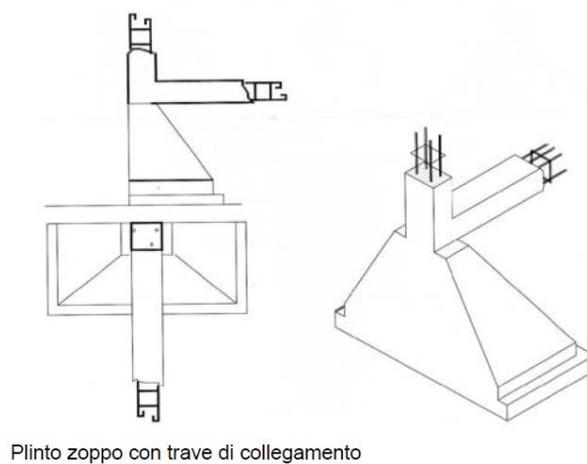
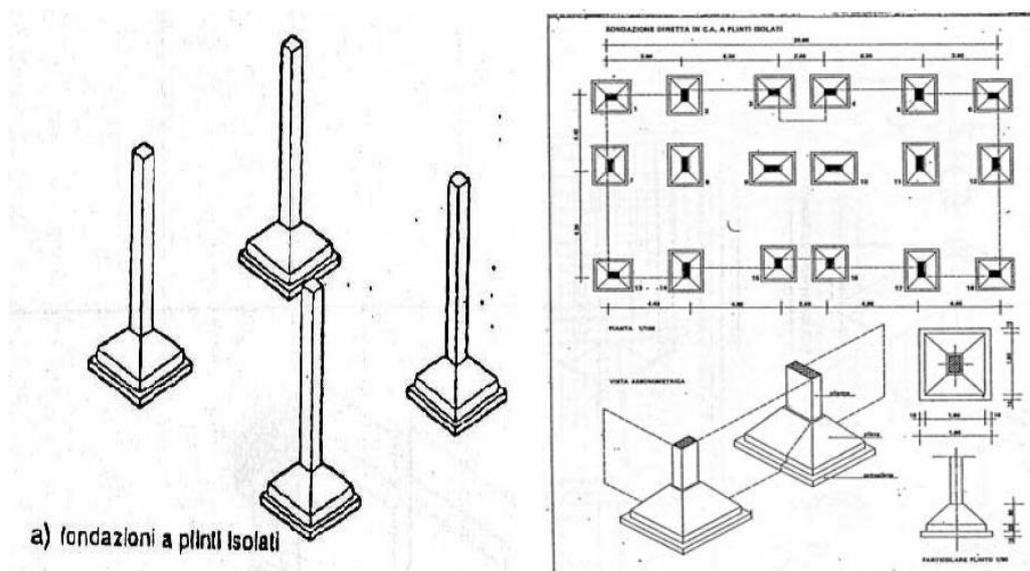


Figura 54 Fondazioni a platea

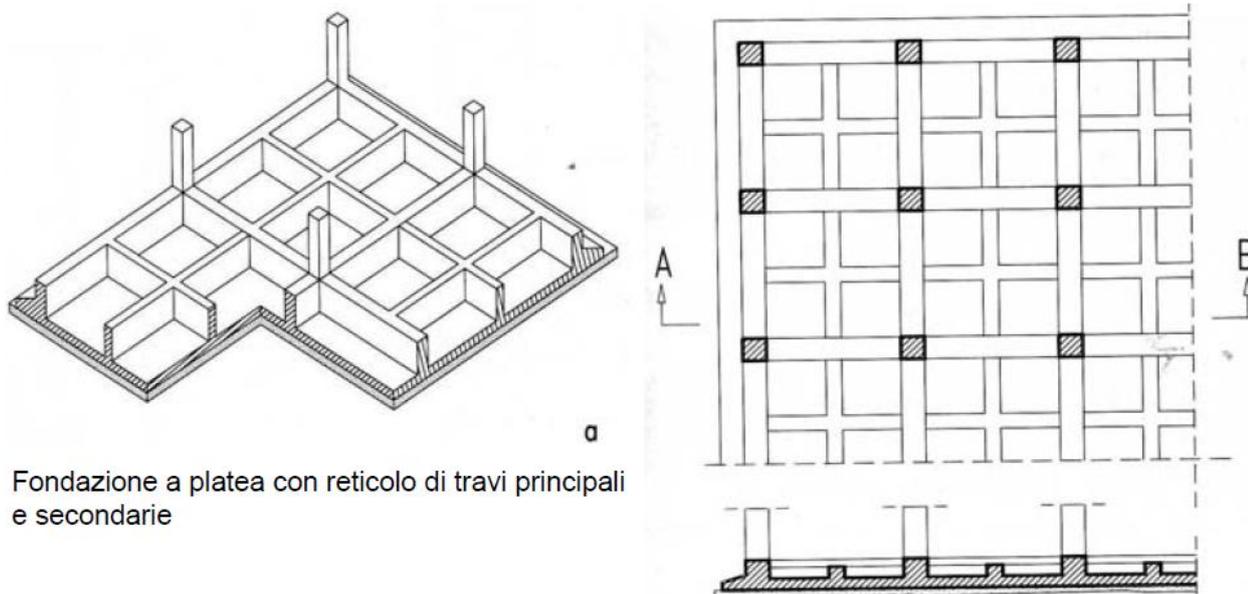
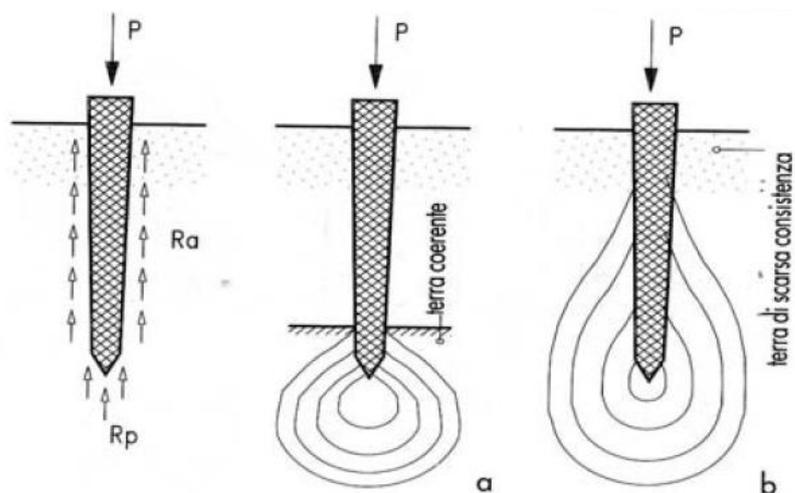


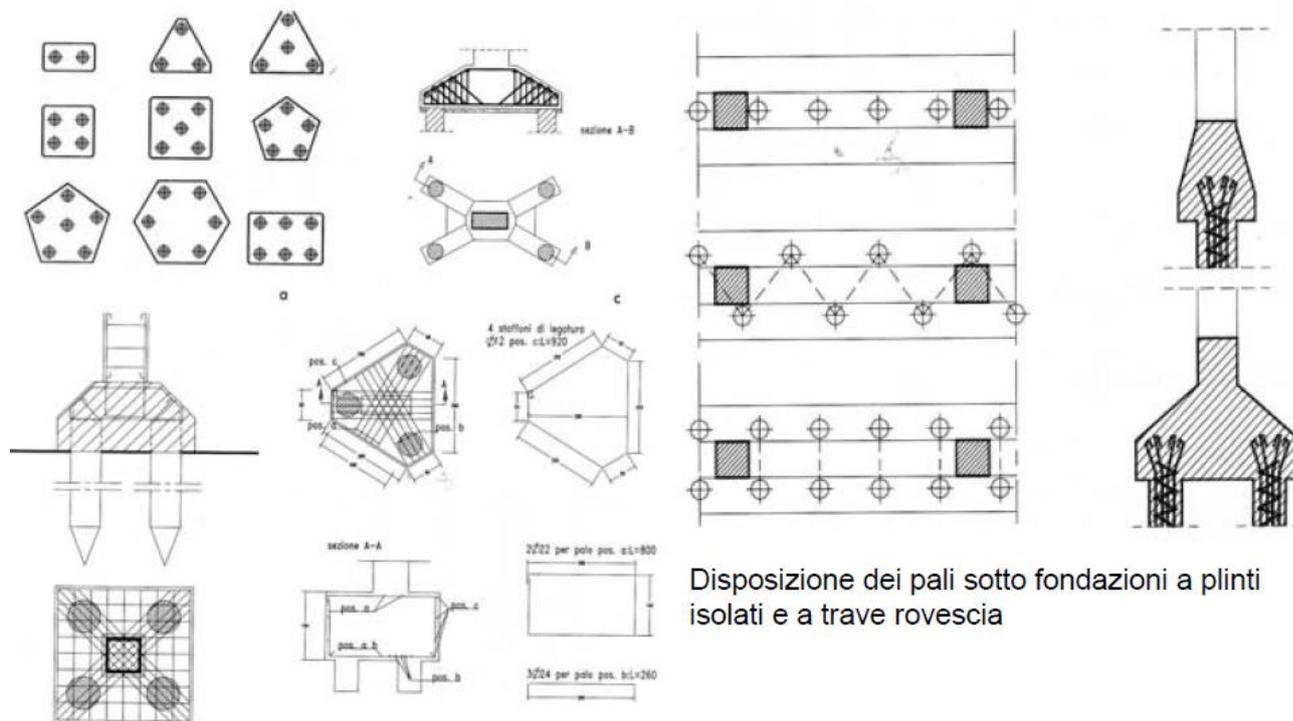
Figura 55 Fondazioni su pali - comportamento statico



LEGENDA
 P Portanza del palo
 Rp Resistenza della punta
 Ra Resistenza di attrito laterale

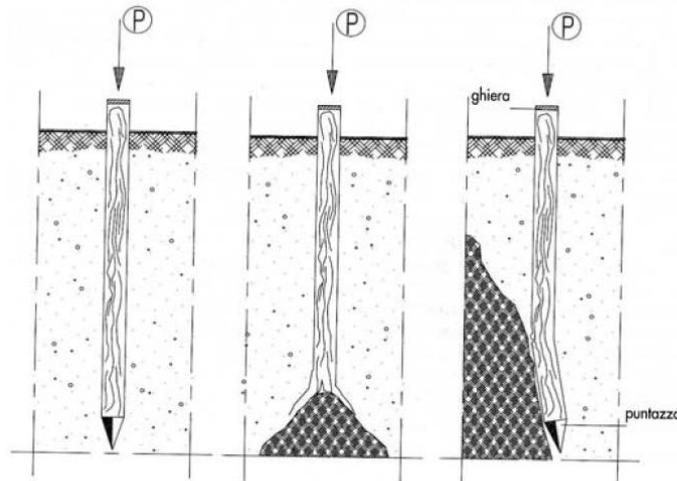
Comportamento statico di un palo: a) palo portante, b) palo sospeso

Figura 56 Disposizioni dei pali sotto fondazioni a plinti isolati e a trave rovescia

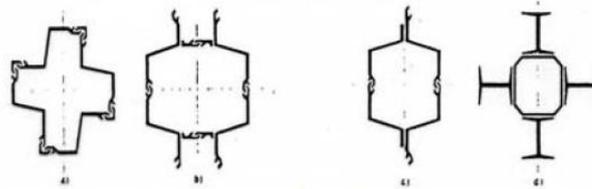


Disposizione dei pali sotto fondazioni a plinti isolati e a trave rovescia

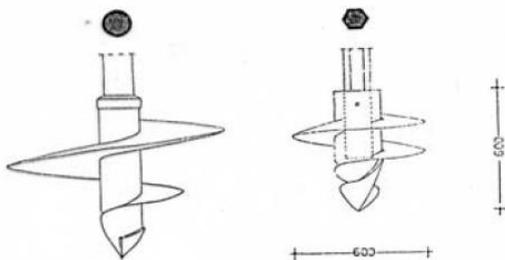
Figura 57 Fondazioni su pali infissi



Pali in legno (possibilità di rottura durante l'infissione nel terreno)



Tipi di sezioni di pali metallici



Elementi terminali di pali metallici a sezione circolare o poligonale

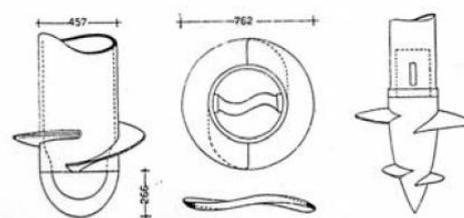
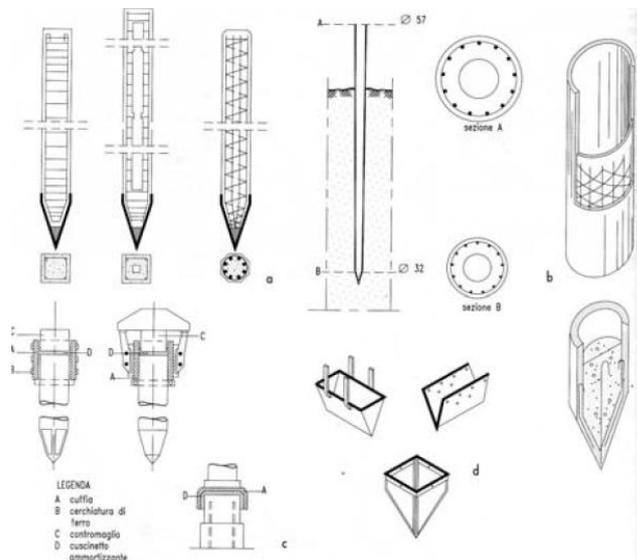


fig. 92
puntazze di pali metallici cilindrici cavi

Puntazze di pali metallici cilindrici cavi

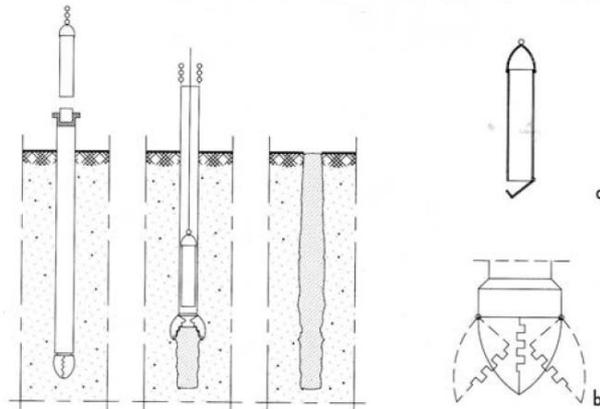


LEGENDA
A cuffio
B cerchiatura di ferro
C contromaglio
D cuscinetto ammortizzante

Pali in c.a.:

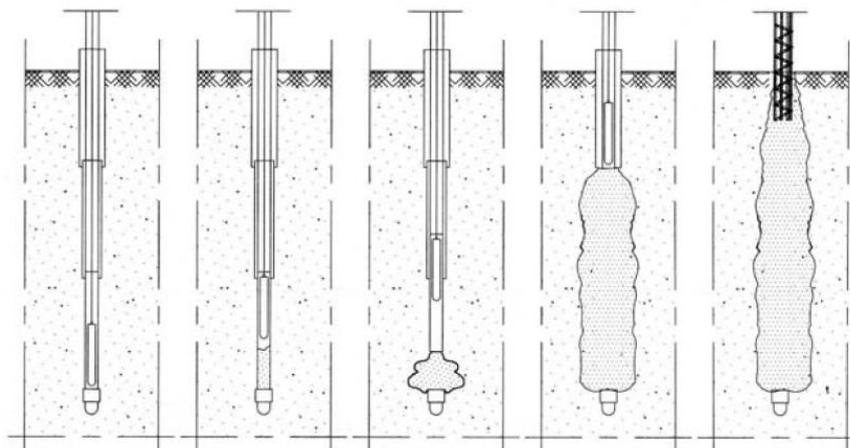
- a), b) tipologie di pali
- c) elementi di protezione delle testate
- d) puntazze per la protezione delle punte

Fondazioni **su pali gettati**



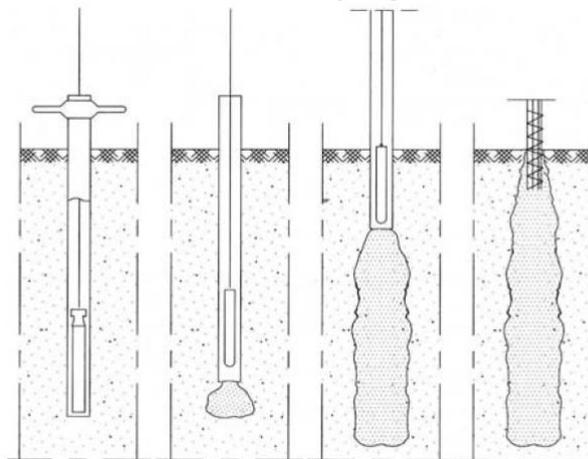
Pali in c.a. realizzati in opera con tubo-forma (detto *camicia*) infisso per battitura senza asportazione di terra _ Pali "Simplex" con puntezza recuperabile

Fondazioni **su pali gettati**



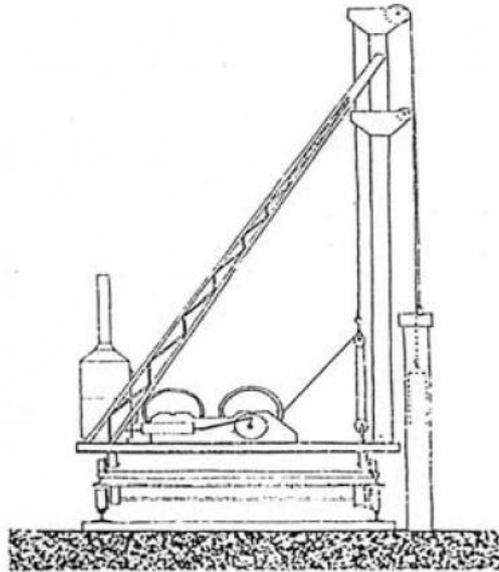
Pali in c.a. realizzati in opera con tubo-forma (detto *camicia*) infisso per battitura senza asportazione di terra _ Pali "Franki" con puntezza a perdere

Fondazioni **su pali gettati**



Pali in c.a. trivellati, realizzati in opera con tubo-forma infisso mediante trivellazione con asportazione di terra

Fondazioni *su pali gettati*



Schema dell'impianto di un battipalo per l'infissione di un tubo forma

5.1.4.2 *Strutture portanti*

5.1.4.3 *Coperture e pareti*

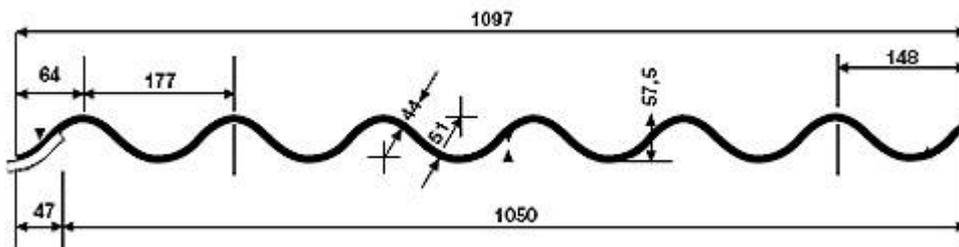
Attualmente al posto delle lastre ondulate in cemento amianto, il cui impiego come noto è stato bandito a livello europeo a partire dagli anni '90 del secolo scorso, si impiegano delle lastre ondulate in fibrocemento. Tali lastre sono realizzate con una nuova tecnologia che impiega un composito a base di cemento esente da amianto rinforzato mediante fibre di armatura in fibre di diversa natura, sia minerali che organiche, non tossiche per l'uomo e l'ambiente.

Trovano impiego sia nella copertura di nuovi edifici che per il recupero di manti fatiscenti. Le lastre sono impermeabili, resistenti alle intemperie e non richiedono manutenzione. Si segnala che, non essendo pedonabili, non risultano direttamente accessibili per lavori di posa in opera, riparazione, manutenzione o pulizia e richiedono pertanto l'impiego di ponteggi e protezioni che complicano l'esecuzione delle predette operazioni.

Figura 58 Copertura industriale a lastre ondulate curve



Figura 59 Sezione trasversale di un pannello



5.1.4.4

Pavimenti

5.1.4.5

Strutture varie

5.1.4.5.1

Cancelli e porte

5.1.4.5.2

Scale

5.1.4.5.3

Serramenti

5.1.4.5.4

Scarichi delle acque piovane

5.1.4.5.5

Fognature

Figura 60 - Stabilimento Adriaplast di Monfalcone - Layout della rete di distribuzione dell'acqua industriale

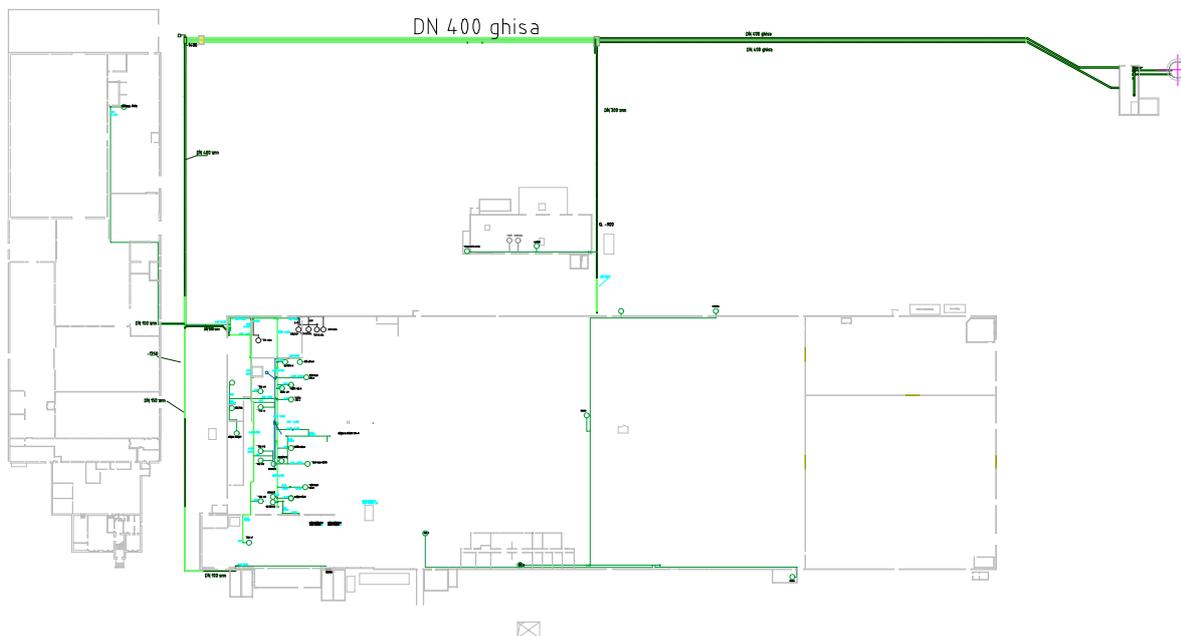


Figura 61 Stabilimento Adriaplast di Monfalcone - rete di raccolta degli scarichi industriali

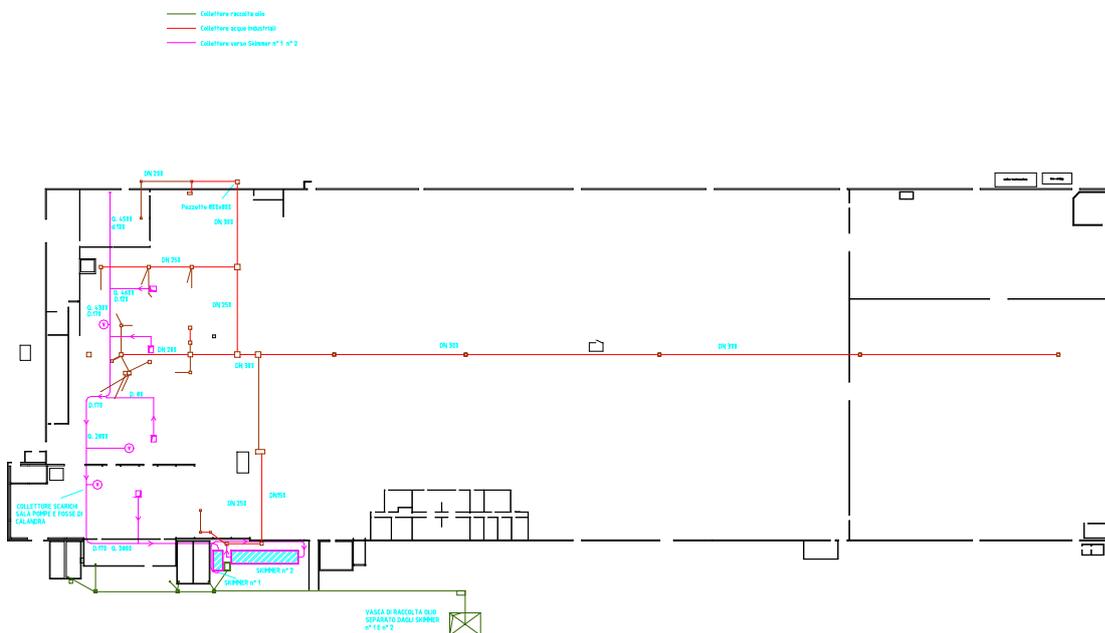
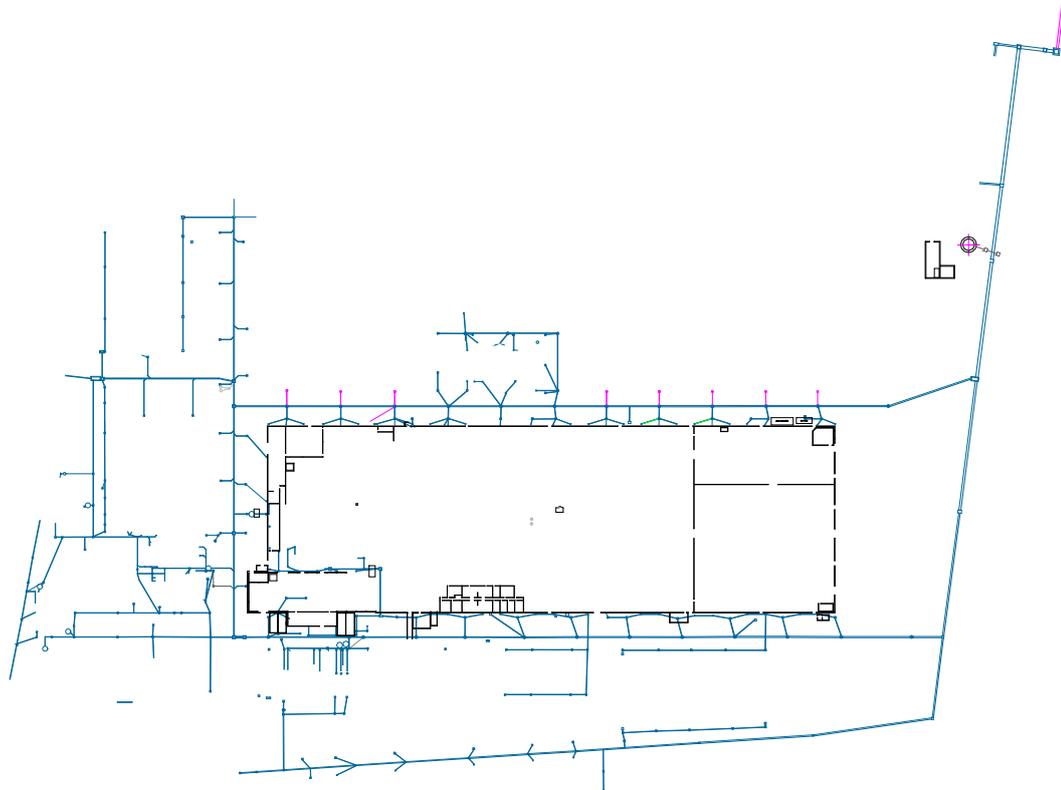


Figura 62 Stabilimento Adriplast di Monfalcone - rete di scarico delle acque bianche e delle acque piovane



5.1.5 Impiego del colore

5.2 *Servizi generali, ausiliari, igienico sanitari*

5.2.1 Servizi generali

5.2.1.1 *Uffici*

5.2.1.2 *Laboratori*

5.2.1.3 *Refettorio*

5.2.1.4 *Ristorante*

5.2.1.5 *Self-service, distributori automatici, ecc.*

5.2.1.6 *Infermeria*

5.2.2 Servizi ausiliari

5.2.3 Servizi igienico-sanitari

5.2.4 Servizi vari

5.2.5 Locali diversi

5.2.6 Accessi allo stabilimento

5.2.7 Vie interne allo stabilimento



5.2.7.1

Strade

5.2.7.2

Binari ferroviari

6. La progettazione delle opere pubbliche.

6.1 Generalità

L'esecuzione dei lavori pubblici presuppone la preventiva compilazione ed approvazione del progetto. Attraverso il progetto e l'esame che ne compie, l'Amministrazione Pubblica può avere l'esatta rappresentazione fisionomica dell'intervento che si appresta a realizzare, può valutare la validità delle soluzioni tecniche proposte e la loro rispondenza alle finalità che l'opera deve conseguire ed è in grado di conoscere la spesa da affrontare ed eventualmente da graduare, avendo anche a sua disposizione il mezzo idoneo per esercitare, nella fase esecutiva, tutti i dovuti e puntuali controlli affinché i lavori siano realizzati conformemente alle caratteristiche previste e stabilite.

Nell'attuale sistema la progettazione si sviluppa su tre livelli progressivi ed interagenti, seguendo una disciplina molto puntuale e minuziosa:

- progetto preliminare
- progetto definitivo
- progetto esecutivo

La progettazione preliminare è finalizzata ad acquisire le indicazioni delle linee generali dei lavori da realizzare.

Le progettazioni definitiva ed esecutiva consentono, rispettivamente, l'una la predisposizione delle prescritte autorizzazioni ed approvazioni, l'altra il passaggio alla fase realizzatrice. Esse sono preferibilmente affidate allo stesso soggetto che ha redatto il progetto preliminare.

I progetti devono essere redatti in modo da assicurare il coordinamento dell'esecuzione dei lavori, tenendo conto del contesto in cui si inseriscono, con particolare attenzione, nel caso di interventi urbani, ai problemi dell'accessibilità e della manutenzione degli impianti e dei servizi a rete.

Tra le disposizioni di legge che devono essere rispettate nell'approntamento del progetto di un'opera pubblica¹¹ si sottolineano le seguenti:

- i progetti devono essere redatti secondo criteri diretti a salvaguardare nella fase di costruzione e in quella di esercizio gli utenti e la popolazione delle zone interessate dai fattori di rischio per la sicurezza e la salute degli operai;
- nei progetti non devono essere inserite prescrizioni che menzionino prodotti di una determinata fabbricazione o provenienza oppure procedimenti particolari aventi l'effetto di favorire determinate imprese o di escluderne altre o che indichino marchi, brevetti o tipi o un'origine o una produzione determinata. E peraltro ammessa l'indicazione specifica del prodotto o del procedimento purché accompagnata dall'espressione "*o equivalente*" allorché non sia altrimenti possibile la descrizione dell'oggetto dell'appalto mediante prescrizioni sufficientemente precise e comprensibili;

¹¹ Capo II, Titolo II del D.P.R. 21 dicembre 1999, n.554 "Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modificazioni." Pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 98 del 28-04-2000.

- i quadri economici degli interventi devono essere predisposti con progressivo approfondimento in rapporto al livello di progettazione al quale sono riferiti e con le necessarie variazioni in relazione alla specifica tipologia e categoria dell' intervento stesso e devono prevedere la seguente articolazione del costo complessivo:
 - a) lavori a misura, a corpo, in economia;
 - b) somme a disposizione della stazione appaltante ¹²per:
 1. lavori in economia, previsti in progetto ed esclusi dall'appalto;
 2. rilievi, accertamenti e indagini;
 3. allacciamenti ai pubblici servizi;
 4. imprevisti;
 5. acquisizione aree o immobili;
 6. accantonamento di cui all'articolo 26, comma 4, della legge quadro (prezzo chiuso);
 7. spese tecniche relative alla progettazione, alle necessarie attività preliminari, nonché al coordinamento della sicurezza in fase di progettazione, alle conferenze dei servizi, alla direzione dei lavori e al coordinamento della sicurezza in fase di esecuzione, assistenza giornaliera e contabilità, assicurazione dei dipendenti;
 8. spese per attività di consulenza o di supporto;
 9. eventuali spese per commissioni giudicatrici;
 10. spese per pubblicità;
 11. spese per accertamenti di laboratorio e verifiche tecniche previste dal capitolato speciale d'appalto, collaudo tecnico amministrativo, collaudo statico ed altri eventuali collaudi specialistici
 12. I. V. A. ed eventuali altre imposte.

Nei quadri economici, l'importo dei lavori a misura, a corpo ed in economia deve essere suddiviso in importo per esecuzione delle lavorazioni ed importo per l'attuazione dei piani di sicurezza.

6.2 Il progetto preliminare

Il progetto preliminare definisce le caratteristiche qualitative e funzionali dei lavori, il quadro delle esigenze da soddisfare e delle specifiche prestazioni da fornire.

Per consentire l'avvio della procedura espropriativa, deve essere inserito nell'elenco annuale. Con le integrazioni indicate nel regolamento è utilizzabile anche per l'affidamento di concessione e per l'espletamento di appalto-concorso. Gli elaborati del progetto preliminare vengono di seguito considerati.

1. **Relazione illustrativa.** Il contenuto della relazione illustrativa è molto ampio e comprende la descrizione dell'intervento, le ragioni delle soluzioni prescelte, con l'esame di tutti gli aspetti di tipo geologico e ambientale, l'esposizione della fattibilità dell'intervento, l'accertamento in ordine alla disponibilità delle aree, gli indirizzi per la redazione del progetto definitivo, il cronoprogramma delle fasi attuative e le indicazioni per l'accessibilità dell'area.
La relazione illustrativa deve dare chiara e precisa nozione delle circostanze che non possono risultare dai disegni e contiene, in sintesi, oltre ad un esame della fattibilità dell'opera, le motivazioni della scelta;

¹² Per *Stazione appaltante* si intende l'Ente pubblico che intende realizzare l'opera.

2. Relazione Tecnica. Si riporta lo sviluppo degli studi tecnici di prima approssimazione connessi alla tipologia dell'intervento;
3. Studio di prefattibilità ambientale, con cui si esaminano le condizioni per un miglioramento mediante l'esecuzione dell'opera, della qualità ambientale e paesaggistica del contesto territoriale;
4. Indagini geologiche, idrogeologiche e archeologiche preliminari;
5. Planimetria generale e schemi grafici redatti in scala opportuna e debitamente quotati;
6. Piani di sicurezza: prime indicazioni e disposizioni;
7. Calcolo sommario della spesa effettuato per quanto riguarda i lavori applicando i costi standardizzati determinati dall'Osservatorio dei lavori pubblici o, in assenza, parametri desunti da interventi similari realizzati e per le ulteriori somme attraverso valutazioni di massima;
8. Capitolato speciale prestazionale, contenente l'indicazione delle necessità funzionali, dei requisiti e delle specifiche prestazioni necessarie ai bisogni della stazione appaltante qualora il progetto preliminare debba essere posto a base di gara di un appalto-concorso o di una concessione di lavori pubblici. In questo ultimo caso deve altresì essere predisposto un piano economico-finanziario di massima.

Eventuali variazioni da apportare in sede di progetto definitivo alle indicazioni del progetto preliminare dovranno essere motivate dal progettista.

6.3 Il progetto definitivo

Il progetto definitivo deve individuare compiutamente i lavori da realizzare, nel rispetto delle esigenze, dei criteri, dei vincoli, degli indirizzi e delle indicazioni stabiliti nel progetto preliminare¹³ e contiene tutti gli elementi necessari ai fini del rilascio delle prescritte autorizzazioni ed approvazioni, tra cui, come prevede l'art. 25 del regolamento, la concessione edilizia e l'accertamento della conformità urbanistica.

Il progetto definitivo è quindi un approfondimento del progetto preliminare, diretto propriamente al raggiungimento di finalità pubblicistico-amministrative ed è formato da un insieme di relazioni, grafici e calcoli. Serve di base per promuovere la conferenza dei servizi.

Il progetto definitivo consiste in una relazione descrittiva dei criteri utilizzati per le scelte progettuali, nonché delle caratteristiche dei materiali prescelti e dell'inserimento delle opere sul territorio; nello studio di impatto ambientale ove previsto: in disegni generali nelle opportune scale descrittivi delle principali caratteristiche delle opere, delle superfici e dei volumi da realizzare, compresi quelli per l'individuazione del tipo di fondazione; negli studi ed indagini preliminari occorrenti con riguardo alla natura e alle caratteristiche dell'opera; nei calcoli preliminari delle strutture e degli impianti; in un disciplinare descrittivo degli elementi prestazionali tecnici ed economici previsti in progetto nonché e in un computo metrico estimativo.

¹³ Art. 16, comma 4, della legge quadro in materia di lavori pubblici.

La norma precisa che gli studi sono quelli di tipo geognostico, idrologico, idraulico, sismico, agronomico, biologico, chimico e che i rilievi e i sondaggi sono condotti fino ad un livello tale da consentire i calcoli preliminari delle strutture e dagli impianti e lo sviluppo del computo metrico estimativo. Il progetto definitivo è costituito dai seguenti elaborati:

1. **Relazione descrittiva;**
2. Relazione geologica, geotecnica, idrologica, idraulica e sismica;
3. Relazioni tecniche specialistiche;
4. Rilievi planoaltimetrici e studio di inserimento urbanistico;
5. **Elaborati grafici;**
6. Studio di impatto ambientale ove previsto dalle norme o studio di fattibilità ambientale;
7. **Calcoli preliminari delle strutture e degli impianti;**
8. **Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici;**
9. Piano particellare di esproprio;
10. **Computo metrico estimativo;**
11. **Quadro economico;**
12. Schema di contratto e di capitolato speciale d'appalto nei casi in cui il progetto sia posto a base di gara per la esecuzione anche del progetto esecutivo.

Per il contenuto dei singoli elaborati si rinvia agli artt. 25 e segg. del regolamento¹⁴.

6.4 Progetto esecutivo

Il procedimento di progettazione si conclude con la redazione del progetto esecutivo, che presenta il massimo livello possibile di approfondimento dei vari elementi costitutivi del progetto definitivo in conformità al quale e nel cui pieno rispetto deve essere redatto.

Il progetto esecutivo rappresenta la sintesi delle prescrizioni dettate in sede di rilascio della concessione edilizia o di accertamento di conformità urbanistica, o di conferenza di servizi o di pronuncia di compatibilità ambientale ovvero del provvedimento di esclusione delle procedure, ove previsti. Considerato che la progettazione esecutiva è alla base dell'affidamento in appalto, i lavori da realizzare vi devono essere previsti in ogni dettaglio, compresi i particolari costruttivi architettonici, strutturali ed impiantistici.

Poiché in questa fase la Pubblica Amministrazione deve individuare le fasi lavorative e i relativi costi, il progetto esecutivo deve essere corredato del capitolato speciale di appalto prestazionale o descrittivo, del computo metrico estimativo definitivo e dell'elenco dei prezzi unitari. In particolare, l'art. 35 del regolamento citato prescrive che esso debba essere composto dai seguenti documenti:

- 1) Relazione generale, che descrive in dettaglio i criteri utilizzati per le scelte progettuali esecutive ed è corredata da una rappresentazione grafica e da un diagramma che rappresenti graficamente la pianificazione delle lavorazioni;

¹⁴ D.P.R. 21 dicembre 1999, n.554 "Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modificazioni." Pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 98 del 28-04-2000.

- 2) Relazioni specialistiche, geologiche, geotecniche, idrologiche e idrauliche, che illustrano le diverse soluzioni adottate;
- 3) Elaborati grafici comprensivi anche di quelli delle strutture degli impianti e di ripristino e miglioramento ambientale;
- 4) Calcoli esecutivi delle strutture e degli impianti;
- 5) Piani di manutenzione dell'opera e delle sue parti;
- 6) Piani di sicurezza e di coordinamento;
- 7) Computo metrico estimativo definitivo e quadro economico;
- 8) Cronoprogramma;
- 9) Elenco dei prezzi unitari ed eventuali analisi;
- 10) Quadro dell'incidenza percentuale della quantità di manodopera per le diverse categorie di cui i compone l'opera o Il lavoro;
- 11) Schema di contratto e capitolato speciale.

Di seguito alcuni tali documenti vengono singolarmente presentati.

6.4.1 Relazione generale

La relazione generale, dovendo fare riferimento agli elaborati grafici ed alle prescrizioni del capitolato speciale d'appalto, rappresenta un documento estremamente importante e può costituire una sicura fonte interpretativa nell'applicazione delle clausole contrattuali.

Nel caso di opere ed impianti di speciale complessità o di particolare rilevanza sotto il profilo tecnologico e nel caso di progetto integrale di un intervento, essa deve essere corredata di tutte le attività costruttive suddivise nei vari livelli e di un diagramma rappresentativo della pianificazione delle lavorazioni nei principali aspetti di sequenza logica e temporale.

Gli aspetti che devono essere trattati nella relazione sono i seguenti¹⁵:

1. La relazione generale del progetto esecutivo descrive in dettaglio, anche attraverso specifici riferimenti agli elaborati grafici e alle prescrizioni del capitolato speciale d'appalto, i criteri utilizzati per le scelte progettuali esecutive, per i particolari costruttivi e per il conseguimento e la verifica dei prescritti livelli di sicurezza e qualitativi. Nel caso in cui il progetto prevede l'impiego di componenti prefabbricati, la relazione precisa le caratteristiche illustrate negli elaborati grafici e le prescrizioni del capitolato speciale d'appalto riguardanti le modalità di presentazione e di approvazione dei componenti da utilizzare.

2. La relazione generale contiene l'illustrazione dei criteri seguiti e delle scelte effettuate per trasferire sul piano contrattuale e sul piano costruttivo le soluzioni spaziali, tipologiche, funzionali, architettoniche e tecnologiche previste dal progetto definitivo approvato; la relazione contiene inoltre la descrizione delle indagini, rilievi e ricerche effettuati al fine di ridurre in corso di esecuzione la possibilità di imprevisti.

3. La relazione generale dei progetti riguardanti gli interventi complessi di cui all'articolo 2, comma 1, lettere h) ed i), è corredata:

¹⁵ Art. 36, D.P.R. 21 dicembre 1999, n.554 "Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modificazioni." Pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 98 del 28-04-2000.

a) da una rappresentazione grafica di tutte le attività costruttive suddivise in livelli gerarchici dal più generale oggetto del progetto fino alle più elementari attività gestibili autonomamente dal punto di vista delle responsabilità, dei costi e dei tempi ;

b) da un diagramma che rappresenti graficamente la pianificazione delle lavorazioni nei suoi principali aspetti di sequenza logica e temporale, ferma restando la prescrizione all'impresa, in sede di capitolato speciale d'appalto, dell'obbligo di presentazione di un programma di esecuzione delle lavorazioni riguardante tutte le fasi costruttive intermedie, con la indicazione dell'importo dei vari stati di avanzamento dell'esecuzione dell'intervento alle scadenze temporali contrattualmente previste.

6.4.2 Elenco dei prezzi unitari

L'Elenco dei Prezzi Unitari consiste in una raccolta di tutte le voci che si prevede di utilizzare nel progetto, analiticamente suddivise per generi e dettagliatamente riportate unitamente al relativo prezzo unitario di applicazione, cioè del prezzo che le Amministrazioni pagheranno per ciascuna voce. L'elenco dei Prezzi Unitari è importante perché costituisce uno degli allegati fondamentali dei contratti d'opera fra le Amministrazioni e le Imprese. I prezzi si intendono non modificabili e vincolano entrambe le parti (amministrazione ed Impresa).

Ogni voce (vedi Tabella 17) è identificata in modo univoco da una sigla (in figura indicata con codice) che dovrà essere utilizzato in ogni riferimento nel Computo Metrico sia estimativo che non estimativo.

Tabella 14 Esempio di voci di elenco prezzi

Codice	Descrizione	U.m.	Prezzo
1 . 0 . 0 . 0	OPERE DA IMPIANTISTA ELETTRICO		
1 . 3 . 0 . 0	ARMADIO ELETTRICO IN LAMIERA DI ACCIAIO		
1 . 3 . 1 . 0	Fornitura e posa in opera di armadio elettrico in lamiera di acciaio zincato 12/10 pressopiegata e saldata, modulare; componibile nell'esecuzione IP40, non componibile (ad unica struttura portante) nell'esecuzione IP55; preverniciato a caldo in colore grigio RAL previo trattamento della lamiera con processo di fosfatizzazione. Posto a pavimento, completo di porta di chiusura cieca o in policarbonato trasparente, ad anta singola con serratura a chiave. Pannelli interni forati copri apparecchiature, apribili a viti o a cerniera con targhette indicatrici incise. Sostegni interni sagomati porta apparecchiature, morsettiere interne di collegamento e messa a terra, canalette di contenimento conduttori in PVC autoestinguente. Comprese opere murarie di finitura ed allegato schema elettrico posto in apposita custodia all'interno dello stesso. Al modulo:		
1 . 3 . 1 . 1	Armadio elettrico in lamiera da pavimento IP55 modulare non componibile al modulo	cad. €	4,90
4 . 2 . 0 . 0	REALIZZAZIONE DELLE NUOVE STRUTTURE A PORTALE		



- 4 . 2 . 1 . 0 Esecuzione della struttura di sostegno per il posizionamento in batteria dei ventilatori secondo le specifiche riportate nella relazione tecnica allegata al progetto esecutivo, realizzate in carpenteria metallica mediante fornitura, posa in opera ed assemblaggio di travi in acciaio UPN UNI 5680 100×50×6, e di sagoma composta per saldatura di barre, piatti, lamiere ed elementi trafilati a caldo, compreso l'eventuale preassemblaggio in officina, il carico, trasporto, lo scarico a piè d'opera, il montaggio, l'assemblaggio, le unioni meccaniche con saldature o con bulloni ad alta resistenza in acciaio INOX secondo le prescrizioni progettuali, le piastre, i tirafondi, l'irrigidimento ed i collegamenti necessari, gli sfridi, la sabbiatura e la zincatura a caldo, i ponti di servizio, le assistenze murarie, la bulloneria e gli accessori . Compresi il nolo a caldo di autogrù semovente di portata fino a 30 t, il carburante, il lubrificante e quant'altro necessario a dare l'opera finita a regola d'arte.
- 4 . 2 . 1 . 1 Realizzazione delle nuove strutture a portale per il posizionamento in batteria dei ventilatori. Per ciascuna struttura. cad. € 6.000,29

Si osservi come la descrizione delle voci nell'Elenco Prezzi Unitari sia sempre completa e dettagliata. Una descrizione carente è quasi sempre motivo di contenzioso fra l'Amministrazione Appaltante e l'Impresa poiché quest'ultima cercherà sempre, per la legge del profitto, di fornire il materiale che, a parità di condizioni, costa di meno.

Se la descrizione è manchevole nello specificare le caratteristiche tecniche (valori nominali, materiali, tecniche costruttive, tecniche di montaggio, accessori compresi, ...) allora la fornitura di quella voce non potrà essere effettuata senza rimostranze e contenziosi che possono portare anche al blocco dell'appalto e quindi alla sospensione dei lavori. Oggi queste manchevolezze sono ritenute (e certamente lo sono) gravi dall'attuale legislazione e pertanto tutti i danni che da queste possono derivare all'Amministrazione sono automaticamente addebitati al Progettista. Si osservi che la descrizione analitica non deve essere talmente univoca da descrivere una sola tipologia di prodotto commerciale perché questo è vietato dalla Legge. In altri termini non si possono indicare nomi commerciali o marchi depositati in modo univoco.

Ad esempio il dimensionamento delle macchine viene sempre effettuato scegliendole dai cataloghi commerciali che i Costruttori mettono a disposizione. Non sempre le caratteristiche delle macchine sono comuni al variare dei costruttori e quindi già l'aver scelto una tipologia di macchina vincola sia il progetto che il prezzo. Ad evitare il rischio dell'illecito penale è sempre bene utilizzare dati quanto più possibili omogenei e anonimi e cercare sempre di effettuare la selezione dei componenti riferendosi al massimo comun divisore (quindi alle caratteristiche minime comuni) della caratteristiche commerciali dei vari prodotti e mai al minimo comune multiplo (cioè alle caratteristiche avanzate ed uniche) dei prodotti.

6.4.2.1 *Preziari regionali o di riferimento*

Per la formazione delle singole voci di elenco prezzi ci si può riferire ai *prezzi unitari dedotti dai preziari della stazione appaltante o dai listini correnti nell'area interessata*¹⁶. Al proposito la Regione Friuli Venezia Giulia, come le altre regioni a statuto speciale, mette a disposizione un *Prezziario Regionale*¹⁷ che contiene un elenco esteso di prezzi per le opere edili di maggior uso. Questi prezzi sono riconosciuti dalle Amministrazioni ed anzi è obbligatorio utilizzarli quando le voci di progetto sono presenti nel Prezziario. Il Prezziario Regionale viene periodicamente aggiornato pertanto i computi metrici vanno sempre riferiti all'ultimo prezziario regionale disponibile. Anche altre Amministrazioni pubbliche possono mettere direttamente a disposizione dei loro listini ove vengono raccolte le *voci* che più frequentemente ricorrono negli appalti da queste indetti. La voce 1.3.1.1 di Tabella 14 si riferisce per esempio al prezziario del Comune di Trieste.

Non in tutte le regioni si hanno preziari di riferimento: si ricordi che solo nelle regioni a statuto speciale e nelle province autonome di Trento e Bolzano si ha autonomia legislativa in materia di edilizia e appalti.

Nelle regioni a statuto normale vige la normativa nazionale che non fa riferimento a listini di riferimento. Esistono, tuttavia, pubblicazioni note da decenni che hanno assunto ormai un valore di riferimento riconosciuto a livello nazionale. Ad esempio il Listino della Camera di Commercio di Milano contiene un numero notevole di prezzi unitari e prezzi ad opera compiuta che vengono aggiornati trimestralmente e che sono certamente affidabili come prezzi di mercato. Va, però, tenuto presente che alcuni prezzi si riferiscono all'Italia del nord. Per questo motivo alcuni listini di più recente pubblicazione (ad esempio quelli del Sole 24 Ore) riportano, per ciascuna voce, prezzi differenziati per l'Italia del Nord, centrale, meridionale e per le isole.

Qualora, in relazione alla particolare specificità dell'opera, nei predetti listini non sia possibile reperire alcune delle voci necessarie, bisognerà ricorrere all'*analisi dei prezzi unitari*, dalla quale la voce 4.2.1.1 della Tabella 14 proviene.

6.4.2.2 *Analisi dei prezzi unitari*

L'Analisi dei Prezzi Unitari ha lo scopo di determinare i costi in opera delle eventuali voci mancanti nei preziari della Stazione Appaltante o nei listini correnti nell'area interessata. Il relativo prezzo viene determinato:

¹⁶ Art. 34, D.P.R. 21 dicembre 1999, n.554 "Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modificazioni." Pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 98 del 28-04-2000.

¹⁷ Scaricabile dal seguente sito:

<http://www.regione.fvg.it/rafvfg/casalavoripubblici/dettaglio.act?dir=/rafvfg/cms/RAFVG/AT8/ARG2/FOGLIA7/>

- a. applicando alle quantità di materiali, mano d'opera, noli e trasporti necessari per la realizzazione delle quantità unitarie di ogni voce, i rispettivi prezzi elementari dedotti da listini ufficiali o dai listini delle locali camere di commercio ovvero, in difetto, dai prezzi correnti di mercato;
- b. aggiungendo all'importo così determinato una percentuale per le spese relative alla sicurezza;
- c. aggiungendo ulteriormente una percentuale variabile tra il 13 e il 15 per cento, a seconda della categoria e tipologia dei lavori, per spese generali;
- d. aggiungendo infine una percentuale del 10 per cento per utile dell'appaltatore.

Per potere effettuare l'analisi del costo di una voce di progetto occorre conoscere in ogni dettaglio le metodologie costruttive che saranno utilizzate al momento della posa in opera, i tempi di esecuzione, la posizione del cantiere e la distanza dal fornitore in modo da valutare correttamente le spese di trasporto. In Tabella 15 tale procedura viene esposta relativamente alla fornitura e posa in opera di un ventilatore speciale.

Tabella 15 Analisi dei prezzi unitari relativa alla fornitura e posa in opera di un ventilatore speciale

	Fornitura e posa in opera di ventilatore centrifugo tipo 1					€ 2.257,70	
	Spese generali nella misura del	15%				€ 338,66	
	Utile d'impresa nella misura del	10%				€ 225,77	
Costo fornitura franco magazzino del fornitore						€ 2.822,13	
Trasporto e posa in opera							
C4	Costo orario operaio specializzato categoria C4	ora	4	€	29,99	€ 119,97	FVG 2006
B1.1.010.05	Nolo a caldo di autogru semovente; compreso carburante e lubrificante						FVG 2006
B1.1.010.05.C	Portata 15,1-30 t	ora	0,08	€	83,30	€ 6,66	FVG 2006
B1.1.005.20	Nolo a caldo di autocarro ribaltabile; compreso carburante e lubrificante.						FVG 2006
B1.1.005.20.B	Portata 2,6-7,5 t ora 45,92	ora	0,24	€	49,59	€ 11,90	FVG 2006
Costo totale trasporto e posa in opera						€ 138,53	
Costo totale per fornitura e posa in opera						€ 2.960,66	

6.4.3 Computo metrico estimativo

Tra i documenti costitutivi del progetto esecutivo, è fondamentale il computo metrico estimativo, che contiene la dimostrazione delle singole previsioni quantitative riferite alle misure metriche di ciascuna categoria di opere.

Ai sensi dell'art. 44 del regolamento il computo metrico estimativo viene redatto applicando alle quantità delle lavorazioni, dedotte dagli elaborati grafici del progetto esecutivo, i prezzi dell'elenco dei prezzi unitari di cui all'articolo 43.

Il computo metrico costituisce l'integrazione e l'aggiornamento della stima sommaria dei lavori redatta in sede di progetto definitivo, utilizzando i prezzi adottati per il progetto definitivo, integrati, ove necessario, da nuovi prezzi redatti con le modalità specificate in precedenza al paragrafo 6.4.2 di pagina 90¹⁸.

Il Computo Metrico Estimativo, CME, è l'elaborato finale che consente di conoscere il costo totale dell'opera (Stima). Questo elaborato sintetizza, contabilmente, tutto il progetto. E' suddiviso per

¹⁸ Art. 34 del Regolamento citato in precedenza.

Capitoli che descrivono le singole opere (Riscaldamento, Condizionamento, Antincendio, Idrico ecc.) e in Sottocapitoli che descrivono parti dei singoli capitoli (ad esempio: Corpo Uffici, Aule, Edificio A, Edificio B ecc.).

Per ciascun Capitolo si ha un elenco di voci che compongono le opere previste: per ciascuna voce occorre indicare la sigla utilizzata nell'Elenco dei Prezzi Unitari, il prezzo unitario, l'unità di misura, la quantità prevista in progetto e il costo (prodotto quantità x prezzo). Alla fine di ciascun capitolo (o di ciascun sottocapitolo, se previsto) si ha il totale parziale di capitolo. La somma dei totali di tutti i capitoli fornisce il costo totale dei lavori (*Importo a base di progetto*). Per effettuare il computo metrico estimativo ci si può avvalere di fogli elettronici o di speciali programmi che si incaricano di effettuare le analisi di congruenza con le sigle in nell'Elenco dei Prezzi Unitari, con il prezzo unitario e con le unità di misura (che debbono sempre essere indicate!).

In Tabella 16 si riporta a titolo d'esempio il capitolo n°3 di un computo metrico estimativo relativo alla compartimentazione di un edificio pubblico.

Tabella 16 Capitolo di un computo metrico estimativo

Codice	Descrizione delle opere	Articolo di elenco prezzi	Voce di elenco prezzi - descrizione sintetica	U.M.	Quantità	Prezzo unitario	Importo
3 . 0 . 0	Lavori accessori						
3 . 1 . 0	Compartimentazione dell'edificio						
3 . 1 . 1	Confinamento del secondo piano tramite serramento apribile in alluminio	4 . 3 . 1 . 1	Serramento in alluminio a due ante apribili a libro, dimensione del foro 1,80x2,70 m, completa di maniglione antipanic, vetri antisfondamento e di protezione in lamiera forata di dimensioni 1,60x2,70 m per una porta tagliafuoco scorrevole	a corpo	1	€ 4.200,00	€ 4.200,00
3 . 1 . 2	Confinamento del terzo piano tramite serramento apribile in alluminio	4 . 3 . 1 . 2	Serramento in alluminio a tre ante apribili a libro, dimensione del foro 2,74x2,70 m, completa di maniglione antipanic, vetri antisfondamento e di protezione in lamiera forata di dimensioni 3,20x2,70 m per una porta tagliafuoco scorrevole	a corpo	1	€ 6.300,00	€ 6.300,00
3 . 1 . 3	Confinamento del quarto piano tramite serramento apribile in alluminio	4 . 3 . 1 . 3	Serramento in alluminio a due ante scorrevoli, dimensioni del foro 1,60x2,30 m, completa di automazione per l'apertura e vetri antisfondamento	a corpo	1	€ 6.200,00	€ 6.200,00
Totale compartimentazione dell'edificio							€ 16.700,00

6.4.4 Quadro economico

Il computo metrico è accompagnato dal quadro economico nel quale confluiscono:

- 1) il risultato del computo metrico estimativo dei lavori;
- 2) l'accantonamento in misura non superiore al 10 per cento per imprevisti e per eventuali lavori in economia;
- 3) l'importo dei costi di acquisizione o di espropriazione di aree o immobili, come da piano particellare allegato al progetto;
- 4) tutti gli ulteriori costi relativi alle varie voci riportate all' articolo 17 del regolamento medesimo.

In Tabella 16 si riporta un esempio di quadro economico.

Tabella 17 esempio di quadro economico

A) IMPORTO TOTALE DEI LAVORI	€ 415.914,52
B) SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE	
B1) IMPREVISTI	€ 16.981,50
B2) I.V.A al 20% SU A)+B1)	€ 86.579,20
C) TOTALE GENERALE	€ 519.475,21
D) SPESE TECNICHE	
D1) Progettazione e Direzione Lavori	€ 27.615,46
D2) Spese di collaudo	€ 5.164,57
D3) fondo incentivante L. 109/94 (1%)	€ 4.159,15
D4) I.V.A. su spese tecniche e collaudi (20% su D1 e D2)	€ 6.556,01
IMPORTO GLOBALE DELL'OPERA	€ 562.970,39
ARROTONDAMENTO	-€ 32,37
TOTALE GENERALE	€ 562.938,02

6.4.5 Capitolati

Altro importante documento costitutivo del progetto esecutivo è il capitolato, che fissa le condizioni e le clausole tecniche ed amministrative atte a garantire la perfetta esecuzione delle opere e a prevenire ogni possibile lite tra le parti contraenti.

Si fa distinzione tra capitolato generale e capitolato speciale.

6.4.5.1 *Capitolato generale delle opere pubbliche*

Il *capitolato generale d'appalto*, contiene la disciplina regolamentare dei rapporti tra le amministrazioni aggiudicatrici e i soggetti affidatari di lavori pubblici. Esso è stato emanato con decreto ministeriale 19 aprile 2000, n° 145, rappresenta perciò una legge dello Stato, e ovviamente non è di competenza del progettista.

Esso si applica a tutte le opere pubbliche, indipendentemente dalla loro specificità e sue disposizioni devono essere *espressamente richiamate nel contratto di appalto* e si sostituiscono di diritto alle eventuali clausole difformi di contratto o di capitolato speciale, ove non diversamente disposto dalla legge quadro o dal regolamento.

Di seguito, al fine di rappresentare gli argomenti trattati, si riporta l'elenco degli articoli del decreto:

- Art. 1. Contenuto del capitolato generale
- Art. 2. Domicilio dell'appaltatore
- Art. 3. Indicazione delle persone che possono riscuotere
- Art. 4. Condotta dei lavori da parte dell'appaltatore
- Art. 5. Cantieri, attrezzi, spese ed obblighi generali a carico dell'appaltatore
- Art. 6. Disciplina e buon ordine dei cantieri
- Art. 7. Tutela dei lavoratori
- Art. 8. Spese di contratto, di registro ed accessorie
- Art. 9. Riconoscimenti a favore dell'appaltatore in caso di ritardata consegna dei lavori
- Art. 10. Variazione al progetto appaltato

- Art. 11. Varianti in diminuzione migliorative proposte dall'appaltatore
- Art. 13. Pagamento dei dipendenti dell'appaltatore
- Art. 14. Danni
- Art. 15. Accettazione, qualità ed impiego dei materiali
- Art. 16. Provvista dei materiali
- Art. 17. Sostituzione dei luoghi di provenienza dei materiali previsti in contratto
- Art. 18. Difetti di costruzione
- Art. 19. Verifiche nel corso di esecuzione dei lavori
- Art. 20. Compensi all'appaltatore per danni cagionati da forza maggiore
- Art. 21. Tempo per la ultimazione dei lavori
- Art. 22. Penali
- Art. 23. Premio di accelerazione
- Art. 24. Sospensione e ripresa dei lavori
- Art. 25. Sospensione illegittima
- Art. 26. Proroghe
- Art. 27. Durata giornaliera dei lavori
- Art. 28. Valutazione dei lavori in corso d'opera
- Art. 29. Termini di pagamento degli acconti e del saldo
- Art. 30. Interessi per ritardato pagamento
- Art. 31. Forma e contenuto delle riserve
- Art. 32. Definizione delle riserve al termine dei lavori
- Art. 33. Tempo del giudizio
- Art. 34. Controversie
- Art. 35. Proprietà degli oggetti trovati
- Art. 36. Proprietà dei materiali di demolizione
- Art. 37. Collaudo

6.4.5.2 *Capitolato speciale*

Il capitolato speciale contiene clausole relative a condizioni e prescrizioni, specie di carattere tecnico, che si riferiscono più particolarmente all'oggetto del contratto,

È diviso in due parti, l'una relativa alle norme amministrative destinate a regolare i rapporti tra la stazione appaltante e l'appaltatore, l'altra la specificazione delle prescrizioni tecniche. Nelle *norme amministrative*, vanno indicati i seguenti elementi:

1. oggetto dell'appalto
2. ammontare dell'appalto
3. descrizione sommaria delle opere
4. forma e principali dimensioni delle opere
5. variazione delle opere progettate
6. osservanza del capitolato generale, dei capitolati speciali, di leggi, normative e regolamenti.
7. documenti che fanno parte del contratto
8. cauzione definitiva
9. divieto di cessione del contratto e disciplina dei subaffidamenti
10. consegna dei lavori
11. tempo utile per l'ultimazione dei lavori
12. ordine da tenersi nello sviluppo dei lavori
13. penali per ritardi
14. sospensione e proroghe

15. direzione lavori ed ordini di servizio
16. vigilanza dell'amministrazione appaltante
17. consegna delle opere
18. collaudo delle opere
19. oneri ed obblighi e responsabilità dell'appaltatore
20. norme per la misurazione e valutazione dei lavori
21. pagamenti in acconto e a saldo
22. prezzo chiuso - esclusione della revisione prezzi
23. riserve dell'appaltatore
24. risoluzione del contratto per volontà del committente
25. definizione delle controversie
26. oggetti ritrovati

Nelle *norme tecniche* sono illustrati tutti gli elementi necessari per una compiuta definizione tecnica ed economica dell'oggetto dell'appalto, anche ad integrazione degli aspetti non pienamente deducibili dagli elaborati grafici del progetto esecutivo.

Dovranno pure specificarsi le modalità di esecuzione e le norme di misurazione di ogni lavorazione, i requisiti di accettazione di materiali e componenti, le specifiche di prestazione e le modalità di prove nonché, ove necessario in relazione alle caratteristiche dell'intervento, l'ordine da tenersi nello svolgimento di specifiche lavorazioni.

A titolo di esempio, in Tabella 18 si riporta l'indice degli argomenti trattati in un capitolato tecnico relativo alla realizzazione di impianti di servizio per una pubblica amministrazione. È evidente come un documento di tale complessità non venga redatto *ex novo* ogni qualvolta si debba approntare un nuovo progetto ma, al contrario, esso viene di volta in volta riadattato al caso specifico, e costituisce a tutti gli effetti uno strumento di lavoro che il progettista continuamente affina.

Tabella 18 Sommario di un capitolato tecnico relativa alla realizzazione di impianti di servizio per una Pubblica Amministrazione

PREMESSA

PARTE I - QUALITÀ DEI MATERIALI E DEI COMPONENTI 2

Capo Primo - Impianti termici e di condizionamento

- Art. 01 - Norme, prescrizioni e raccomandazioni
- Art. 02 - Tubazioni in acciaio nero
- Art. 03 - Tubazioni in acciaio zincato
- Art. 04 - Tubazioni in materiale plastico
 - Generalità
 - Tubazioni in PEad per scarichi
 - Tubazioni in PEad per drenaggio
 - Tubazioni in PEAD PN 6/PN 10/PN 16
 - Tubazioni in PEad 10 Mpa
 - Tubazione in polietilene reticolato flessibile
 - Tubazioni in polietilene reticolato flessibile PN 6
 - Tubazione in polipropilene
 - Tubazioni in PVC
- Art. 05 - Tubazioni in rame
 - Tubazioni in rame crudo
 - Tubazione in rame ricotto
- Art. 06 - Installazione delle tubazioni

- Supporti ed ancoraggi
- Saldatura tubazioni in acciaio nero
 - La saldatura manuale ad arco con elettrodi rivestiti
 - Posizioni di saldatura e preparazioni dei lembi
 - La saldatura ossiacetilenica
 - Difetti nelle saldature per fusione
 - Controlli da eseguire
 - Norme UNI di riferimento
- Art. 07 - Giunti di dilatazione
- Art. 08 - Prova delle condutture
- Art. 09 - Valvolame
 - Valvole a tre vie
- Art. 10 - Valvolame di intercettazione
 - Isolamento del valvolame
- Art. 11 - Centrali di trattamento aria
- Art. 12 - La Distribuzione Dell'aria
 - Canali in lamiera
 - Isolamento canali in lamiera
 - Canali all'esterno
 - Canali all'interno
 - Canali flessibili
 - Canali in tessuto
 - Circolare semplice
 - Circolare a doppio binario
 - A sezione tronca
 - Semicircolare
 - Bocchette di mandata
 - Diffusori
 - Griglie di ripresa
 - Valvole di aspirazione
 - Griglie di transito
 - Griglie di presa aria esterna
- Art. 13 - Isolamento tubazioni 29
 - Tubazioni di acqua calda in vista
 - Tubazioni di acqua refrigerata o fredda in vista
 - Soluzioni particolari nei tratti interni
 - Isolamenti tubazioni in elastomero espanso
 - Isolamenti termoacustici per tubazioni di scarico
- Art. 14 - Ventilconvettori e radiatori
 - Ventilconvettori
 - Ventilconvettore orizzontale con mobiletto
 - Ventilconvettori orizzontali ad incasso
 - Modalità di installazione dei ventilconvettori
 - Manutenzione straordinaria di ventilconvettore esistente
 - Radiatori
- Art. 15 - Serrande tagliafuoco
- Art. 16 - Elettropompe e circolatori
 - Criteri di installazione
 - Adattamento della pompa alle reali condizioni dell'esercizio.
 - Equilibratura dei circuiti.
- Art. 17 - Cassette regolatrici di pressione o portata
- Art. 18 - Cassetta antincendio
- Art. 19 - Motori elettrici
- Art. 20 - Messa a terra
- Art. 21 - Ventilatori centrifughi a servizio dei condotti di espulsione delle cappe chimiche e biologiche
 - Ventilatore tipo 1 (VSAL 20 ATEX KW 0,50/0,14 2/4 poli TF o similare)
 - Ventilatore tipo 2 (VSAL25 ATEX kW 1,5/0,37 2/4 poli TF o similare)
 - Ventilatore tipo 3 (VSBL 14 ATEX KW0,24/0,07 2/4 poli TF o similare)
 - Ventilatore tipo 4 (VSBL 25 ATEX kW 2,00/0,51 2/4 poli TF o similare)
 - Ventilatore tipo 5 (VSBL 25 ATEX kW 0,59/0,18 4/6 poli TF o similare)
 - Ventilatore tipo 6 (VSBL 30 ATEX kW 1,50/0,40 4/6 poli TF o similare)

Modalità di installazione
Strutture di sostegno dei ventilatori

Capo secondo – Impianti elettrici

Art. 22 - Schemi elettrici di quadro

Art. 23 - Caratteristiche dei locali e delle installazioni elettriche

Art. 24 - Vie di posa dei conduttori

Modalità di posa

Tubazioni

Cavidotti interrati

Posa entro tubazioni interrate e cunicoli.

Art. 25 - Cassette di derivazione

Cassette da incasso

Cassette stagne

Modalità di posa

Art. 26 - Passerelle

Modalità di posa

Art. 27 - Conduttori 58

Art. 28 - Apparecchi di comando locale e prese di corrente

Art. 29 - Quadri elettrici

Art. 30 - Verifiche dell'impianto

Esame a vista

Verifica del tipo e dimensionamento dei componenti dell'impianto e dell'apposizione dei contrassegni di identificazione

Verifica della sfilabilità dei cavi

Misura della resistenza di isolamento

Misura delle cadute di tensione

Verifica delle protezioni contro i cortocircuiti ed i sovraccarichi

Verifica delle protezioni contro i contatti indiretti

Art. 31 - Regolazione elettronica dei regimi di termoventilazione nei laboratori didattici del terzo piano

Capo terzo – Serramenti

Art. 32 - serramenti in alluminio

Caratteristiche tecniche

Modalità di esecuzione

Capo quarto – Cappe chimiche

Art. 33 - Cappa chimica da 1500 mm

Caratteristiche generali

Prestazioni: contenimento sul piano di misura esterno (EN 14175-3)

Oneri a carico dell'appaltatore

PARTE II - MODALITÀ DI ESECUZIONE

Capo quinto – Verifiche e prove

Art. 34 - Oneri a carico dell'Appaltatore

Art. 35 - Verifica montaggio apparecchiature

Art. 36 - Verifica distribuzione aria

Art. 37 - Dati tecnici di riferimento

Condizioni termoigrometriche esterne

Condizioni termoigrometriche interne

Temperature fluidi termovettori

Art. 38 - Provvedimenti contro la trasmissione di vibrazioni

Livello di pressione sonora

Modalità generali di misura del rumore interno

Limiti di accettabilità del livello sonoro

Misure antiacustiche

Art. 39 - Messa a punto e taratura del sistema di termoventilazione e condizionamento

Capo sesto – Opere edili

Art. 40 - Demolizioni e rimozioni

Art. 41 - Materiali in genere

Acqua, calce, leganti idraulici

Sabbia e ghiaia

Legnami

Laterizi



Intonaci normali e speciali - rasature a gesso

Sottofondi - massetti - pavimenti rustici

Art. 42 - Opere da pittore

Art. 43 - Impermeabilizzazioni

Art. 44 - Pavimentazioni

Art. 45 - Opere in marmo e pietra

Art. 46 - Opere in metallo

Art. 47 - Opere di sistemazione esterna

Art. 48 - Segnalazioni e indicazioni

Segnaletica di sicurezza

Targhette indicatrici

Fasce di riconoscimento servizi

Schemi funzionali

Capo settimo – Articolazione delle opere

Art. 49 - Descrizione dell'intervento

Art. 50 - Normativa di riferimento

7. Appendici

In appendice agli *Appunti delle lezioni del corso di Impianti Meccanici I*, si è ritenuto utile riportare alcuni casi di studio che gli studenti, a conclusione del lavoro di preparazione dell'esame, potranno considerare per meglio comprendere gli argomenti in precedenza esposti.

Trattandosi di casi reali, non è escluso che talvolta possano emergere delle contraddizioni con quanto asserito in sede teorica. È evidente che, tali possibili incongruenze non ne inficiano la validità, ma siano piuttosto da ascrivere all'inevitabile inadeguatezza della generalizzazione alla base dei processi di apprendimento che, richiedendo sintesi, possono comportare delle semplificazioni talvolta eccessive.

Nella prima appendice, allo scopo di familiarizzare con gli strumenti atti a descrivere un plant-layout, si presenta quello della Ferriera di Servola riferito al 1999

Nella seconda, esegue il dimensionamento di massima di un pastificio di media capacità produttiva riproponendo tutti i momenti progettuali che caratterizzano tale processo decisionale, così come esposti in via teorica, dall'individuazione del prodotto e del mercato alla scelta della capacità produttiva, concludendo con il proporzionamento delle singole linee produttive.

Nella terza appendice, infine, si riporta integralmente la *relazione tecnica* approntata dallo scrivente in qualità di coautore assieme al prof. Tommasi del progetto esecutivo delle opere di realizzazione della centrale frigorifera a servizio dell'edificio "D" di questa università ospitante la Facoltà di Economia e Commercio.

7.1 Descrizione del plant-layout della Ferriera di Servola.

La Ferriera di Servola è ubicata nel Comune di Trieste, a sud-est della città in zona industriale. Lo stabilimento occupa complessivamente circa 600.000 m², di cui 370.000 del Demanio dello Stato offerti in concessione e 200.000 m² ricavati con rimodellamento del profilo costiero ottenuto per riempimento. L'area coperta occupata ammonta a circa 104.000 m². Per una più articolata descrizione delle aree occupate si rimanda alla seguente Tabella 19.

Tabella 19 Dati sulle superfici occupate dalla Servola S.p.A.

Terreni e fabbricati industriali		
proprietà Servola S.p.A.		236778 m²
	di cui coperta	73500 m ²
	di cui scoperta	163278 m ²
in concessione demaniale		370945 m²
	di cui coperta	30000 m ²
	di cui scoperta	340945 m ²
in altre concessioni		138 m²
	di cui coperta	19 m ²
	di cui scoperta	119 m ²
superficie industriale totale		607861 m²
	di cui coperta	103519 m ²
	di cui scoperta	504342 m ²
Terreni e fabbricati civili di proprietà		
	di cui coperti	1450 m ²
	di cui scoperti	8622 m ²

L'insediamento, delimitato tra il tracciato ferroviario verso la stazione di Servola e il mare (Figura 63) confina:

- a Nord con il mare Adriatico, con la ditta Sidemar (demolizioni navali), con lo scalo Legnami e relativo deposito;
- a Nord-Est con il lotto A di case ICLIS e con altri complessi abitativi;
- ad Est con il lotto B di case ICLIS, con la superstrada e le Ferrovie dello Stato;
- a Sud-Est con altri complessi abitativi e con un deposito costiero di prodotti petroliferi;
- a Sud con la ditta SIOT (Società Italiana Oleodotto Transalpino) Terminal Petrolifero;
- a Sud-Ovest, ovest e nord ovest con il Mare Adriatico;

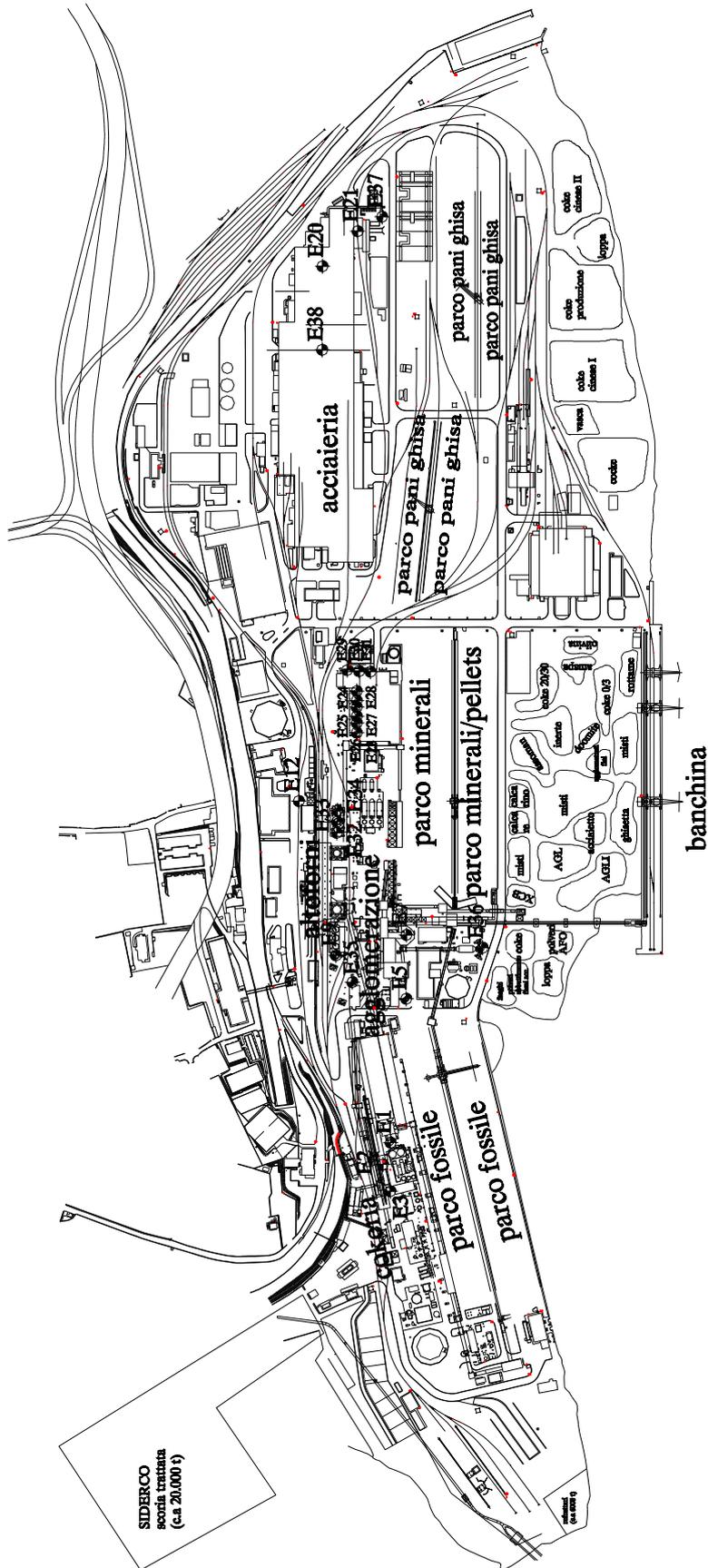
Si deve quindi affermare che nelle immediate vicinanze si trovano insediamenti abitativi di significativa densità.

Il processo produttivo attualmente adottato risulta sinteticamente rappresentato dal diagramma qualitativo a blocchi Figura 26.

La materia prima di partenza è costituita da minerale di ferro e carbon fossile di diversa provenienza, i quali pervengono allo stabilimento per mezzo di navi e vengono depositati in piazzale sotto forma di cumuli. Da qui vengono prelevati e sottoposti a trattamenti preliminari (di cokificazione il carbone e di agglomerazione il minerale) prima di essere alimentati all'altoforno.

Con riferimento alla distribuzione planimetrica degli impianti descritti (plant-layout) rappresentata nel disegno di Figura 63, al fine di agevolare la successiva trattazione conviene articolare l'intera area occupata dallo stabilimento siderurgico in sette aree funzionali in cui si esplicano le principali attività del processo.

Nella Tabella 20 vengono specificate tali aree unitamente ai materiali trattati.



• *Figura 63 Planimetria dello stabilimento*

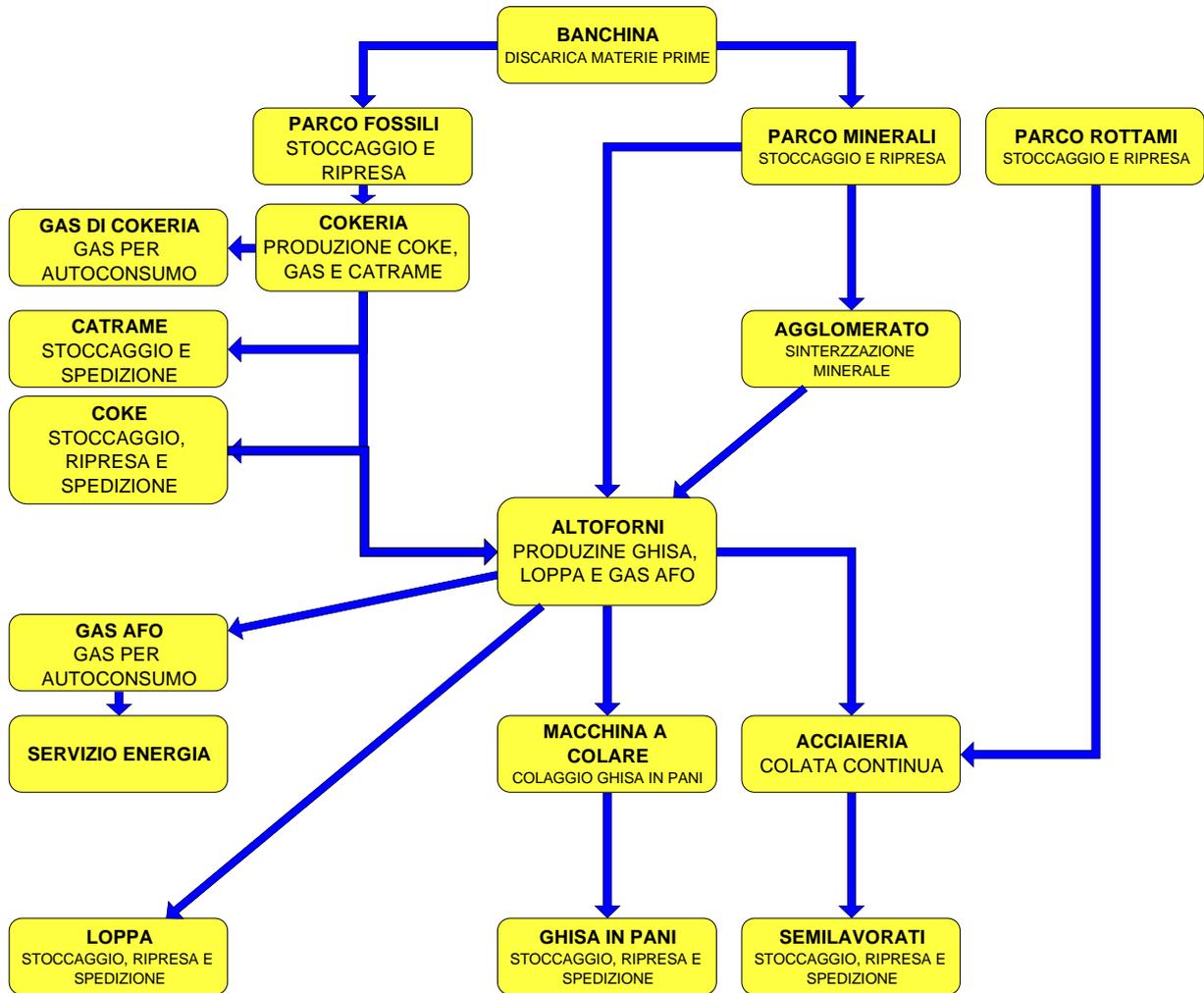


Figura 64 Schema quantitativo a blocchi del processo produttivo adottato presso lo stabilimento siderurgico della Servola S.p.A.

Tabella 20. Aree di attività dello stabilimento siderurgico.

Area	Materiali trattati
Area deposito (parco minerali, fossili, rottami in mucchio a cielo aperto)	Carbon fossile, minerale di ferro, rottame
Area cokeria	Carbon coke, gas di cokeria, catrame
Area agglomerazione	Agglomerato minerali
Area altiforni	Ghisa liquida, gas di altoforno, loppa
Area macchina a colare	Ghisa in pani
Area acciaieria	Billette
Area servizi	Vapore, energia elettrica, servomezzi gassosi, gas tecnologici.

L'illustrazione del plant-layout di Figura 63 segue l'articolazione della Tabella 20.

7.1.1 Parco deposito

In quest'area si trovano distribuiti i cumuli di minerali, carbon fossile, fondente e rottame. Le prime tre tipologie di materiali si trovano in forma granulare di pezzatura assortita con presenza di

grosse percentuali di polveri. L'azione del vento sui cumuli può provocare il trascinarsi di polveri che si diffondono nell'atmosfera e possono ricadere anche a notevole distanza. Per questo motivo i cumuli devono essere frequentemente irrorati con getti d'acqua e ricoperti con pellicole filmanti che impediscono l'azione diffondente del vento.

Il prelievo dei materiali per i loro successivi trattamenti avviene mediante scaricatori e benne ed il loro trasporto mediante nastri trasportatori in buona parte non carenati.

Durante queste operazioni si verifica dispersione di polvere specialmente in presenza di vento. In Figura 63 viene precisata l'ubicazione dei depositi in piazzale.

7.1.2 Area cokeria

L'ubicazione di tale area è indicata nella Figura 65. Il carbon fossile viene prelevato in quantità dosate dai cumuli di diversa provenienza giacenti nel parco del fossile e sottoposto a frantumazione, vagliatura, macinazione, miscelazione e umidificazione.

La frazione in pezzatura viene inviata, tramite nastro, alla torre di alimentazione della macchina caricatrice delle celle di distillazione. La frazione di sottovaglio (fini) viene inviata all'impianto di agglomerazione dei minerali.

La miscela omogenea così ottenuta viene caricata mediante una tramoggia caricatrice mobile a quattro bocche, nelle celle del forno funzionante a tenuta d'aria (cokeria) per subire l'operazione di distillazione per una durata di circa 15 ore. Con tale processo (surriscaldamento a circa 1340 °C fuori dal contatto con l'aria) si liberano le sostanze volatili presenti nel carbon fossile le quali attraverso tubazioni (colonne di sviluppo) e collettori (barilotti) vengono raccolte e costituiscono una miscela di gas combustibili (gas di distillazione). Il gas di distillazione viene successivamente raffreddato in due fasi e depurato (con separazione di catrame, ammoniaca ed altre sostanze), per essere raccolto in un serbatoio cilindrico (gasometro telescopico di 12.000 m³ a campana mobile e tenuta idraulica) per il successivo impiego come gas combustibile avente un potere calorifico di circa 4500 Kcal/Nm³.

Il residuo solido della distillazione costituisce il coke, il quale viene espulso dalle celle di distillazione mediante un pistone idraulico (sforatura), caricato incandescente su un carro di raccolta che lo trasferisce rapidamente (circa 2 minuti) sotto una torre di raffreddamento ove, mediante potenti getti d'acqua, viene spento per bloccarne la combustione in aria.

Si ottiene così il coke metallurgico il quale, frantumato e vagliato, si presenta in forma di pani di adeguata pezzatura, più compatti e più resistenti del fossile e quindi più adatti ad essere caricati nell'altoforno dove subiranno fortissime sollecitazioni meccaniche prima di bruciare in difetto d'aria.

Esso viene convogliato mediante nastro trasportatore ai silos di raccolta in attesa di essere trasferito all'altoforno.

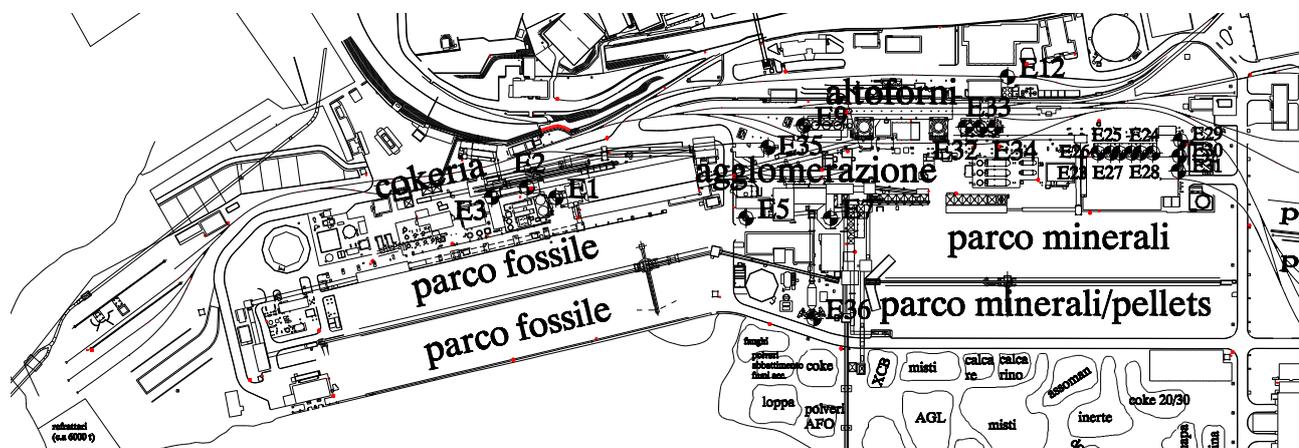


Figura 65 Ubicazione dell'area cokeria

Come già accennato, il coke separato nella vagliatura (sottovaglio) in forma di polvere o in pezzatura minuta, non essendo adatto ad essere utilizzato nell'altoforno, viene frantumato e mescolato

al minerale di ferro nella fase di agglomerazione per creare un ambiente riducente. In estrema sintesi il processo è rappresentato dal diagramma qualitativo di Figura 66.

Nel 1989 il forno di distillazione, tipo Bekers, era costituito da 52 celle raggruppate in quattro batterie di cui tre da 11 celle e una da 19 celle.

Emissioni inquinanti di varia natura (polveri, gas, vapori) possono verificarsi durante tutte le operazioni elencate.

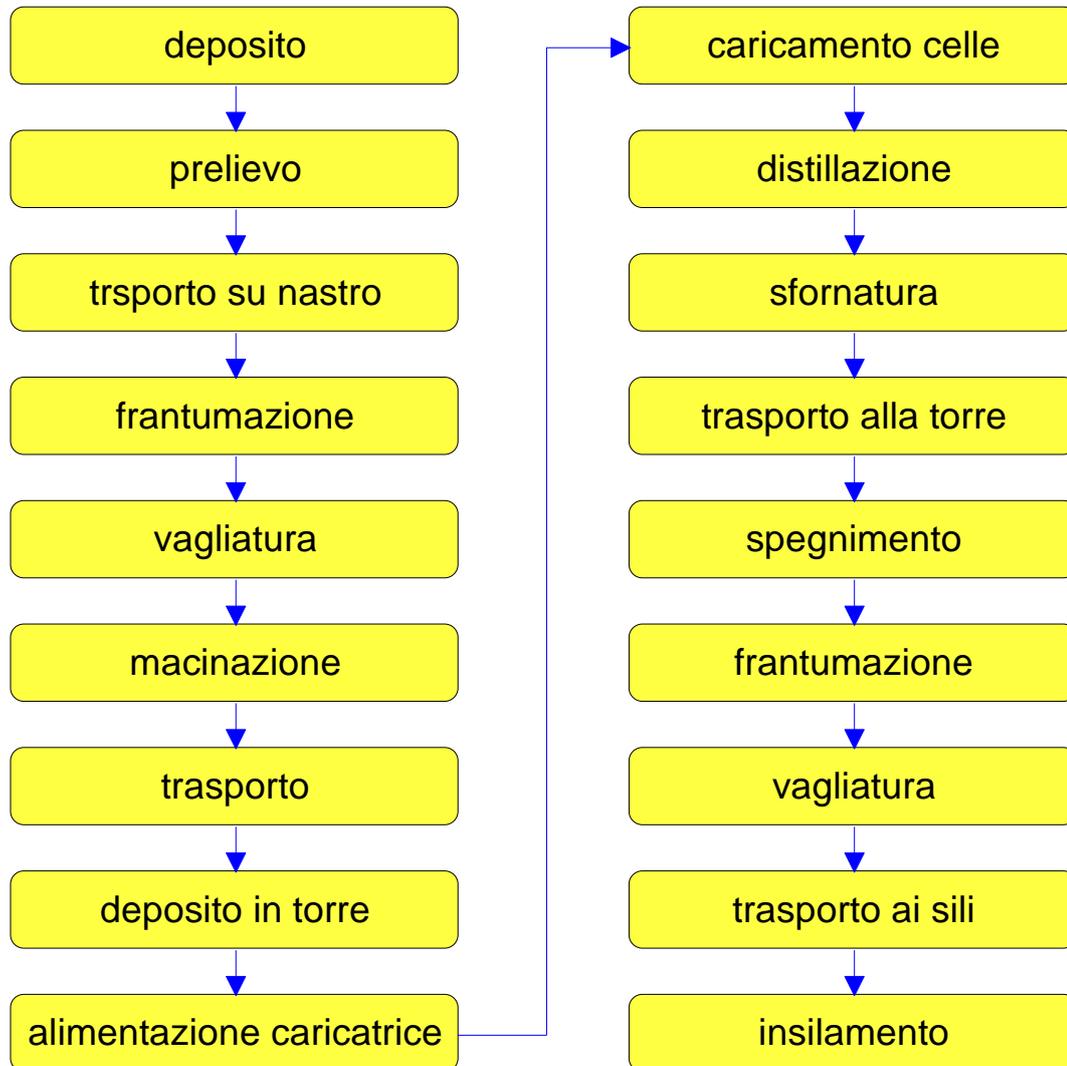


Figura 66 Diagramma qualitativo delle operazioni di cokeria.

7.1.3 Area agglomerazione

La sua collocazione è illustrata in Figura 65. Anche il minerale di ferro, prima di andare in altoforno deve subire una preparazione. Viene anzitutto frantumato e vagliato. Si ottengono così minerali in pezzatura atta alla carica e minerali in pezzatura inferiore, i cosiddetti «fini». Essi vengono poi inviati a due distinti parchi di omogeneizzazione, ove, con speciali macchine, si creano grandi cumuli formati da strati alterni di minerali diversi, in modo da ottenere una miscela sempre omogenea nelle sue caratteristiche.

Dai parchi di omogeneizzazione, il minerale con pezzatura adatta alla carica viene direttamente inviato ai sili d'altoforno, mentre quello con pezzatura inferiore confluisce all'impianto di agglomerazione insieme ai fini di coke e di fondenti ed ai recuperi minuti di alcune lavorazioni di

stabilimento (scaglie di laminazione, polveri di acciaieria ecc.), che altrimenti non potrebbero essere utilizzati. Con il processo di agglomerazione i materiali, opportunamente dosati e mescolati, vengono distribuiti su un nastro metallico (letto) e portati ad alta temperatura che provoca un'incipiente fusione delle loro particelle. Si ottiene un materiale agglomerato che, dopo un'ulteriore frantumazione e vagliatura, è caricato nell'altoforno.

Il riscaldamento del letto si ottiene con la combustione del gas di cokeria e gas di altoforno.

Il diagramma qualitativo del processo attuato in quest'area prevede le fasi evidenziate in Figura

67.

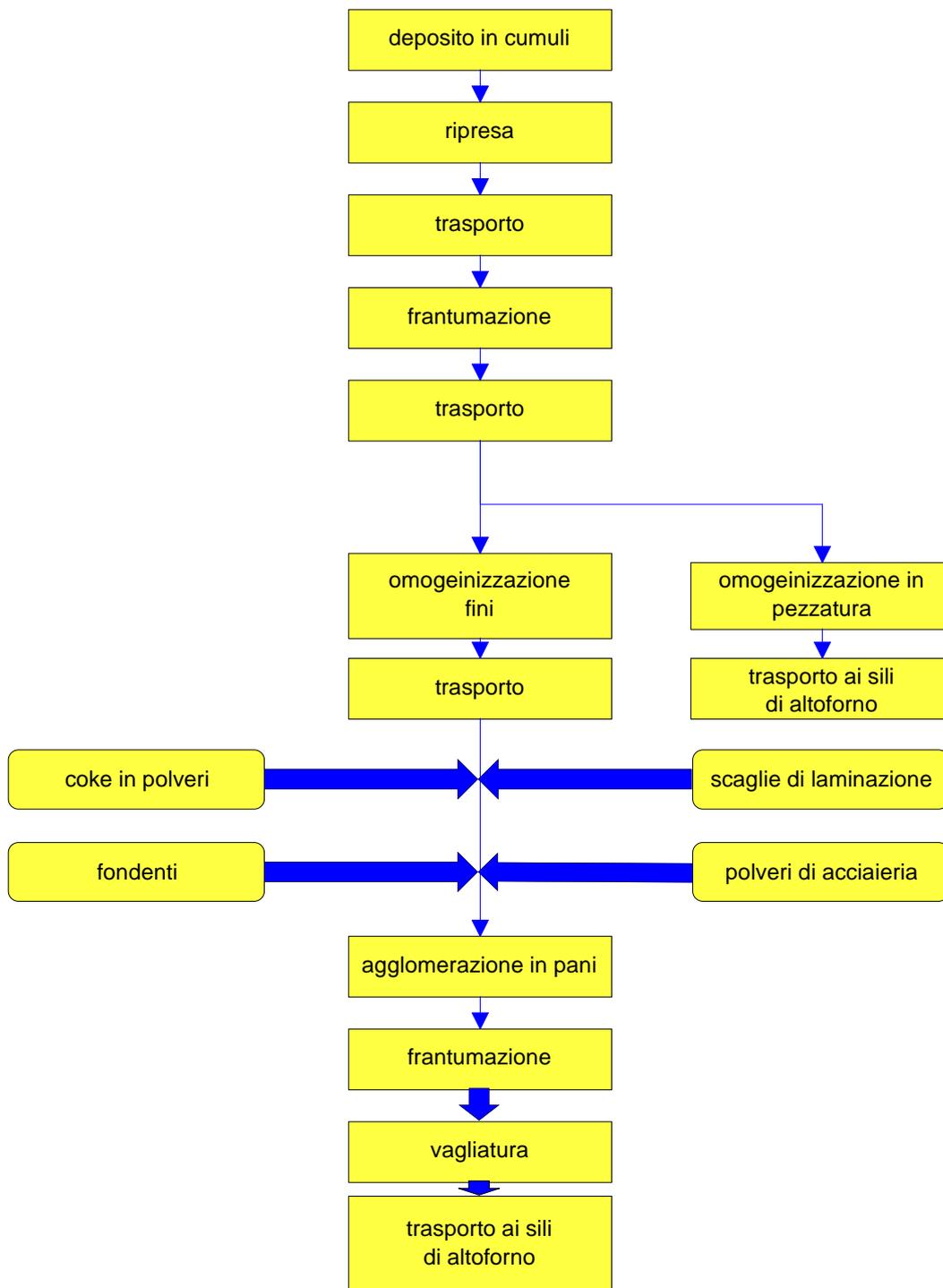


Figura 67 Diagramma qualitativo delle operazioni di cokeria

Le emissioni inquinanti, specialmente di polveri, si verificano:

- in piazzale per azione di trascinamento del vento sui cumuli;
- durante le operazioni di ripresa e trasporto se i nastri trasportatori non sono carenati;
- durante le operazioni di frantumazione e macinazione;
- durante l'omogeneizzazione;
- durante la sinterizzazione;
- durante la vagliatura.

Per questo motivo, in genere, sui nastri trasportatori è previsto l'impiego di carenature, cappe, condotte di convogliamento, sistemi di filtrazione.

7.1.4 Area altoforni

L'ubicazione di tale area è indicata in Figura 68. Si tratta di forni industriali ad asse verticale a profilo variabile nei quali vengono caricati dall'alto, a strati, l'agglomerato di materiali ferrosi, il coke, i fondenti ecc.

Il funzionamento è a marcia continua, per cui i materiali fluiscono molto lentamente verso il basso pervenendo a livelli del forno interessati da temperature progressivamente crescenti fino a 1700 °C conseguite mediante combustione del coke di carica in difetto d'aria per mantenere un ambiente fortemente riducente, l'apporto di altri accorgimenti termogeni e l'insufflazione forzata alla base dell'altoforno di aria preriscaldata a circa 800°C in apposite torri (recuperatori cowpers) alimentati a gas povero.

In prossimità della base del forno (crogiolo) la carica fonde formando un bagno metallico ad altissima temperatura al di sopra del quale galleggiano i residui lapidei fusi (loppe) originariamente contenuti nel minerale.

Ad intermittenze regolari (circa 8 volte al giorno), si effettua la colata attraverso il foro inferiore (doccione di colata) del bagno metallico (ghisa) raccolti nel crogiolo, mentre la loppa sovrastante viene spillata a sfioro attraverso un foro superiore, raffreddata con acqua di mare e granulata in vasche di sedimentazione da cui, una volta prelevata, viene depositata in piazzale per essere ceduta ai cementifici dai quali viene impiegata come componente di processo.

La ghisa spillata in ragione di circa 120 tonnellate per colata, attraverso il doccione del crogiolo, fluisce in canali di colata ricavati sul terreno a cielo aperto e rivestiti di refrattario, pervenendo, per gravità, all'interno di carri di raccolta a forma di siluro, rivestiti di refrattario, preriscaldati a circa 900÷1200 °C mediante combustione di gas di distillazione per mantenere il bagno fuso.

All'interno del carro siluro, mediante lancia di iniezione, vengono insufflate, nel bagno, sostanze polverizzate (ferroleghie con granulometria 0÷8 mm) costituite da silicio, manganese, magnesio ecc., allo scopo di conferire al bagno opportune composizioni e caratteristiche.

Durante questi trattamenti, e per durate di 10÷25 minuti per ogni carro siluro, si liberano emissioni inquinanti che vengono aspirate da cappe mobili e depurate mediante abbattitore ad umido di tipo Venturi prima di essere convogliate al camino.

Alla sommità dell'altoforno vengono captati i gas ricchi di CO, dotati di un potere calorifico inferiore di circa 700÷900 Kcal/Nm³ i quali, una volta depurati, vengono raccolti in un gasometro di 25.000 m³ telescopico a campana mobile e tenuta idraulica ed utilizzati come combustibile in miscela con il gas di cokeria.

Con riferimento alla descrizione di processo sopra riportata, le fasi in cui si verificano emissioni inquinanti sono:

- Prelievo dai silos di altoforno;
- Trasporto su nastro dei minerali, dei fondenti e del coke;
- Sollevamento mediante skips;
- Caricamento della bocca mediante chiusura a doppia campana;

- Spillamento della loppa;
- Colata della ghisa;
- Trasferimento al carro siluro;
- Captazione e convogliamento del gas povero.



Figura 68 Ubicazione dell'area altoforni

7.1.5 Area macchina a colare

Questo impianto viene alimentato con ghisa fusa proveniente dal carro siluro e provvede a riempire delle forme metalliche (conchiglie) ricavate su nastri installati su un trasportatore continuo a catena che provvede a trasportare le conchiglie riempite di ghisa in una zona di raffreddamento con getti d'acqua dolce e a raccogliere i pani di ghisa solidificati in ragione di 15 tonnellate per ciascuna delle otto colate giornaliere.

In seguito ciascuno dei due nastri viene raffreddato e trattato con calce e grafite per migliorare la finitura superficiale dei pani e il distacco delle conchiglie. La produzione complessiva dei due nastri è di 240 t/g.

Durante l'operazione di produzione dei pani di ghisa si verificano emissioni in fase di colata e di pulitura delle forme.

7.1.6 Area acciaieria

La ghisa fusa non utilizzata nella macchina a colare viene, tramite una siviera, caricata in un forno convertitore ad ossigeno EOF (Energy Optimizing Furnace), mescolata in quantità opportunamente dosate con rottame di ferro prelevato dal piazzale di deposito con apposite ceste e preriscaldato con calore di recupero dai prodotti di combustione provenienti dalla zona di fusione dello stesso forno.

Il bagno portato a fusione con insufflazione di ossigeno e combustione delle impurità termogene in esso contenute, viene affinato trasformando la ghisa in acciaio di composizione controllata mediante prelievo di provini ed analisi.

L'ubicazione dell'area acciaieria nello stabilimento è visibile in Figura 69. L'acciaio fuso così ottenuto viene colato in siviera, additivato di ferroleghie per conferirgli le caratteristiche volute,

riscaldato con sistema ad arco elettrico a mezzo di elettrodi di grafite e trasferito all'impianto di colata continua ove, per caduta, alimenta tramite un distributore (paniere) cinque linee di colata ove, progressivamente raffreddato ad acqua, assume la forma di billette continua.

Quest'ultima, prima del completo raffreddamento viene opportunamente tagliata con cannelli, in tratti di predeterminata lunghezza, e quindi raffreddata in aria libera. Alcuni dati sintetici relativi all'area acciaieria sono riportati in Tabella 21.

Tabella 21. Dati relativi all'acciaieria

Forno fusorio:	
Capacità nominale forno	60 t/operazione acciaio approssimative
Produzione stimata	600.000 t/anno
possibilità di carico	ghisa liquida 50-70 %, rottame 30-50%
scoria prodotta	60.000 t/anno
consumo coke	20 Kg/t acciaio
consumo ossigeno	70-80 Nm ³ /t
Consumo metano	10 Nm ³ /t
Colata continua:	
Sezione billette	da 120x120 a 200x200 mm
Velocità billette	1.7-2.5 m/s
Lunghezza billette	fino a 16 m
N° linee di sfornamento	5

Emissioni inquinanti nell'area acciaieria possono verificarsi durante il travaso della ghisa dal carro siluro in siviere, durante il caricamento dell'EOF, durante l'affinazione e durante la colata continua.

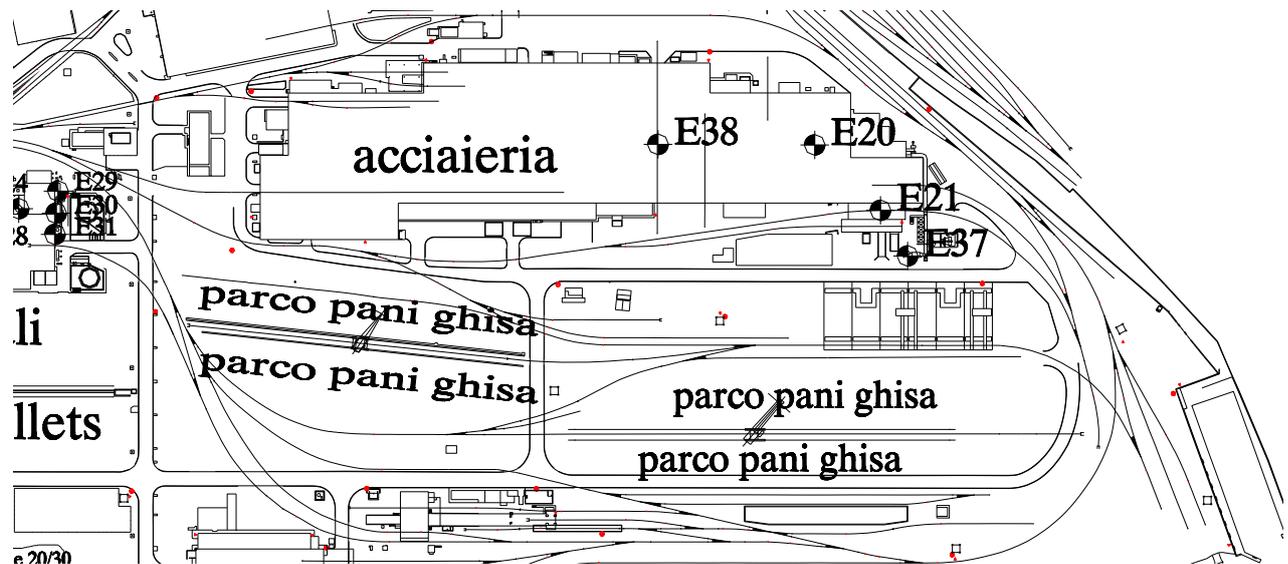


Figura 69 Ubicazione dell'area acciaieria.

7.1.7 Area servizi

In quest'area si provvede alla generazione e distribuzione di energia (termica ed elettrica), vapore, aria compressa, gas metano, ossigeno, azoto, acqua potabile, acqua di mare, depurazione, deposito in gasometro e distribuzione di gas d'altoforno e gas di distillazione. Orientativamente, in termini quantitativi, valgono i dati riportati in Tabella 22.

Tabella 22. Dati relativi all'area servizi.

Potenza elettrica installata	33750 KVA
Produzione aria soffiata per altoforni	140000 Nm ³ /h
Turbine a gas alimentate a gas coke e AFO	3
Produzione vapore a 250 °C e 10 bar	28.000 kg/h
Produzione aria compressa a 7.5 bar	12.800 Nm ³ /h

Depurazione e distribuzione gas AFO	200.000 Nm ³ /h a 450 mm c.a.
Capacità gasometro gas AFO	25.000 m ³
Distribuzione gas coke	12.000 Nm ³ /h a 250 mm c.a.
Capacità gasometro gas coke	12.000 m ³
Distribuzione gas metano a 5 bar	23.000 Nm ³ /h
Distribuzione ossigeno	10.000 Nm ³ /h
Distribuzione azoto	5.000 Nm ³ /h
Distribuzione acqua di mare	12.000 m ³ /h
Distribuzione acqua potabile	350 m ³ /h

Il servizio energia si compone di due sezioni:

- centrale di turbina a gas;
- centrale termica.

Nella centrale turbina gas (TAG) sono installate tre turbine a gas alimentate a gas d'altoforno e gas di distillazione. Esse, aventi una potenza unitaria di 8500 KW elettrici, azionano le soffianti di alimentazione d'aria dei cowper e degli altoforni oltreché gli alternatori per la produzione di energia elettrica di autoconsumo.

Nella centrale termica sono installati due generatori di vapore in parallelo, anch'essi alimentati a gas povero e gas di cokeria ai quali, nel 1989, è stato aggiunto un terzo generatore di vapore.

Emissioni inquinanti possono verificarsi dalle ciminiere.

Il sistema energetico è in corso di ristrutturazione mediante una centrale di cogenerazione di energia termica ed elettrica a ciclo combinato da 380 MW (170 MW elettrici).

7.1.7.1 *Trattamenti dei gas siderurgici prima dell'immissione in rete.*

7.1.7.1.1 **Gas di cokeria**

Nel processo di distillazione del carbon fossile, che avviene nelle celle delle batterie della cokeria, si sviluppa una miscela gassosa (gas di cokeria) che viene trattata negli "impianti sottoprodotti" e quindi immessa nella rete di distribuzione verso le utenze di stabilimento della Servola S.p.A.

Il gas di cokeria che si sviluppa nelle celle a temperatura di circa 400-700 °C viene convogliato nel bariletto e immediatamente investito da spruzzi di acqua ammoniacale che lo raffreddano sino ad una temperatura di circa 80 °C; con l'abbattimento di temperatura si realizza una prima condensazione delle sostanze meno volatili contenute nel gas.

Il prodotto della condensazione è una miscela che viene inviata ad un separatore dove si ha la decantazione del catrame dalle acque ammoniacali, in parte riciclate per il raffreddamento del gas nei bariletti. Il gas attraversa quindi i refrigeranti primari (scambiatori a fasci tubieri percorsi da acqua demineralizzata in circuito chiuso), dove raggiunge una temperatura di circa 20 °C. In questo ulteriore raffreddamento si separano altri condensati, principalmente catrame ed acqua ammoniacale.

A valle dei refrigeranti primari sono ubicati gli estrattori del gas che assicurano il flusso del gas dalle batterie sino alle utenze. Gli estrattori sono di tipo centrifugo e sono azionati da un motore elettrico. A valle degli estrattori il gas viene trattato in tre torri di lavaggio. La prima torre di lavaggio provvede all'eliminazione della naftalina e del benzolo a mezzo di un lavaggio con olio di antracene e successivo lavaggio ad acqua addolcita. Le due successive torri sono destinate all'eliminazione dell'ammoniaca: il gas viene lavato con acqua demineralizzata e acqua di coda di distillazione. Il risultato è la riduzione del contenuto di ammoniaca, cianuri, idrogeno solforato e altri inquinanti contenuti nel gas.

L'acqua di lavaggio viene successivamente inviata alle distillatrici dell'ammoniaca insieme all'acqua ammoniacale prodotta durante la fase di raffreddamento del gas all'uscita delle batterie. I prodotti di testa della distillazione vengono bruciati in forno ed il calore degli stessi viene recuperato a mezzo di una caldaia a recupero; le code di distillazione vengono inviate all'impianto di ossidazione biologica.

Il gas viene quindi immesso nella rete di distribuzione alle utenze, polmonata dal gasometro.

7.1.7.1.2 Gas di altoforno

Il gas, originatosi all'interno del forno, viene convogliato all'esterno attraverso più prese disposte simmetricamente intorno alla bocca, che confluiscono in un collettore principale.

I trattamenti sul gas sono, in successione:

- depolverazione a secco attraverso una camera di sedimentazione (denominata sacca a polvere), in cui si depositano le granulometrie maggiori;
- depolverazione in lavatori a umido del tipo Venturi, finalizzata alla cattura delle polveri di granulometria più fine;
- filtrazione primaria in separatori di tipo elettrostatico.

Il gas così trattato viene inviato alla rete di stabilimento, polmonata dal gasometro.

Nell'ambito degli interventi per la realizzazione della CET è previsto, a carico della Servola S.p.A., il potenziamento del sistema di filtrazione con l'adozione di alcune modifiche impiantistiche ai lavatori ad umido e con il potenziamento di uno dei due elettrofiltri primari.

7.1.7.2 Trattamenti dei gas siderurgici destinati alla CET

7.1.7.2.1 Gas di cokeria

Il gas di cokeria destinato alla CET viene trattato in un impianto di desolfurazione (in corso di predisposizione da parte della Servola S.p.A.) tale da portare la concentrazione dell'idrogeno solforato in esso contenuto ad un tenore inferiore ad 1.5 g/Nm³.

La soluzione impiantistica a tale scopo prescelta è basata su due processi in serie, rispettivamente mirati alla separazione e concentrazione dei vapori di idrogeno solforato dal gas di cokeria e alla successiva separazione dello zolfo dalla miscela arricchita di idrogeno solforato.

Il principio di funzionamento del primo dei due impianti (con tecnologia della tedesca KRUPP UHDE di Dortmund), è basata sul processo brevettato Krupp Coppers Vacasulf che consente una desolfurazione molto efficiente e selettiva dell'H₂S da gas, come quello di cokeria, con basso contenuto di ammoniaca. La definitiva rimozione dello zolfo dal sour gas è effettuata in un impianto a valle del processo di cui sopra, la cui soluzione impiantistica è in corso di definizione.

7.1.7.2.2 Gas di altoforno

Il gas di altoforno destinato alla CET viene trattato in captatori di tipo elettrostatico (detti elettrofiltri secondari), sino a portare il valore delle poveri in esso contenute ad un tenore inferiore ad 1 mg/Nm³. Al fine di ottenere il valore sopra citato, nell'ambito degli interventi per la realizzazione della CET, è previsto il potenziamento (a carico della Servola S.p.A.) di un sistema di filtrazione con l'aggiunta di un terzo elettrofiltro secondario.

7.1.7.3 Logistica del flusso dei materiali.

Dall'inizio del processo produttivo descritto, cioè dallo scarico dei materiali entranti, fino alla spedizione del prodotto "finito" si ha continuamente la necessità di trasportare i prodotti intermedi ed i materiali di consumo da un reparto all'altro. Tale compito viene svolto dalla logistica con le seguenti quantità riportate in Tabella 23

Tabella 23 Dati riguardanti le movimentazioni interne.

Sbarco ed imbarco navi rinfusa	t/anno	2.500.000
Carri ferroviari in spedizione	t/anno	22.000
Camion in spedizione	t/anno	18.000
<i>Movimentazioni interne</i>		
Ghisa liquida	t/anno	750.000
Ghisa in pani	t/anno	370.000
Rottame	t/anno	40.000
Rinfusa per altoforno	t/anno	1.300.000
Carbone fossile	t/anno	520.000
Loppa e materiali in ricircolo	t/anno	880.000

7.2 **Elementi di progettazione di un pastificio di media-grande capacità produttiva¹**

7.2.1 **Ubicazione del pastificio**

Negli ultimi anni si è potuto riscontrare un notevole incremento della diffusione della pasta non solo in Europa ma anche e soprattutto in Paesi esterni alla Comunità Europea, come gli Stati Uniti, il Venezuela, la Russia, l'Egitto e la Tunisia, dove il consumo pro-capite è passato, nell'arco di un decennio, da 8,3 Kg a 11,7 Kg. Tale trend favorevole trova spiegazione nei molteplici vantaggi che il consumatore può riscontrare nel prodotto "pasta", quali la prolungata conservabilità, il basso costo e la versatilità ad essere preparata in molti modi. Lo stesso incremento si è potuto rilevare anche nel mercato italiano dove, a fronte di una concentrazione delle attività produttive, si è riscontrato un aumento della produzione e del consumo pro-capite che nel 2001 ha raggiunto i 28 Kg. In particolare nella regione Sicilia, terra in cui la tradizione pastaria affonda le sue radici, il consumo di pasta alimentare è passato, nell'ultimo lustro, da 42,8 Kg a 44,5 Kg, confermando tale regione al vertice di questa particolare classifica nazionale.

Parallelamente a tale incremento anche in quest'area si è rilevata la diminuzione del numero di pastifici di piccola-media capacità produttiva (< 1000 q.li/giorno) che dalle 20 unità del 1996 sono passati nel 2001 a 15 su un totale di 17. Tale riduzione, che è da imputare principalmente alla non competitività del prodotto offerto a causa del mancato aggiornamento alle più moderne tecnologie di produzione e a un non adeguato ricambio generazionale nella dirigenza, ha lasciato scoperta una rilevante quota di mercato.

Inoltre, considerando il fatto che la Sicilia è una terra con molte aree depresse, soggette ad agevolazioni ed incentivi di carattere fiscale e finanziario (Legge 488/92), e che si trova in una posizione geografica strategica per il commercio con i Paesi dell'area mediterranea e in particolare con quelli del Nord-Africa, si può affermare che tale Regione è un luogo ottimale per la realizzazione di un nuovo pastificio, ma con la prerogativa di essere di media-grande capacità produttiva e tecnologicamente avanzato.

A suffragio di questa tesi va anche ricordato che l'Isola è da sempre la maggiore produttrice di grano duro a livello nazionale (7.552.100 quintali nel 2001) e che dispone di numerosi impianti molitori; un pastificio potrebbe perciò usufruire della materia prima a basso costo di trasporto e di un ridotto tempo di fornitura.

Un'altra motivazione, che spinge alla progettazione di un pastificio in Sicilia, sta nella maggior facilità, rispetto al nord, a reperire manodopera specializzata a minor costo.

7.2.2 **Mercato di sbocco e definizione della potenzialità produttiva**

Il pastificio opererà principalmente nel mercato siciliano. Come si è detto nel paragrafo precedente, da un'indagine fatta si evince che in Sicilia l'attuale consumo di pasta è di 44,5 Kg pro-capite, il più alto fra le regioni italiane. Tale consumo, moltiplicato per i circa sei milioni di abitanti, ci dà un consumo globale di 2.700.000 quintali annui.

La produzione effettiva dei pastifici siciliani si è attestata nel 2001 a 1.594.000 quintali, così ottenuti:

- potenzialità giornaliera teorica: $P_{th} = 8300 \text{ q.li/giorno}$
- produzione giornaliera effettiva: $P_e = P_{th} \cdot c = 6640 \text{ q.li/giorno}$
- produzione annua effettiva: $P_{ae} = P_e \cdot g = 1.594.000 \text{ q.li/anno}$

avendo indicato con:

¹ Il presente capitolo è tratto dalla Tesi di Laurea in Impianti Meccanici del dott. Ing. Enrico Zulian, discussa nell'anno accademico 2001-02 presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Trieste, relatore il prof. Salvatore Tommasi, correlatore il prof. Marco Boscolo.



- c (coefficiente medio di utilizzazione degli impianti) = 0,8
- g (giorni lavorativi medi) = 240

Da queste cifre si rileva che la Sicilia produce solo il 59 % del suo fabbisogno e che il restante 41% viene soddisfatto da altri pastifici del Nord. Su questi dati grava il fatto che negli ultimi anni cinque pastifici siciliani di pasta secca, aventi una medio-bassa capacità produttiva, hanno chiuso lasciando così scoperta la loro quota di mercato. La somma della potenzialità giornaliera di questi pastifici ammontava a 2500 quintali, quindi la contrazione di produzione teorica annua (considerando 240 giorni lavorativi) è di 600.000 quintali.

Un altro elemento, che spinge alla realizzazione di un pastificio, deriva dal mercato calabrese. In Calabria il consumo annuo pro-capite di pasta alimentare è di 42 Kg e, considerando una popolazione di circa 2.900.000 abitanti, ne deriva che la richiesta complessiva ammonta a 1.218.000 quintali. Tale fabbisogno è in gran parte soddisfatto dai pastifici del Nord Italia, poiché nella regione esiste un unico pastificio che ha una potenzialità di soli 132.000 quintali annui e che produce solo formati speciali.

Dall'analisi dei consumi e delle capacità produttive dei pastifici siciliani e calabresi, supponendo che l'obiettivo dell'azienda sia quello di entrare per ora soltanto in questi due mercati accaparrandosi una quota pari al 10 %, si può stabilire che la capacità produttiva effettiva del pastificio sia fissata a **400.000 q.li/anno**.

Tale capacità (che viene considerata medio-alta) tiene conto anche di un eventuale futuro accesso ai mercati della CEE ed extra CEE (Nord/Sud Africa), dove è molto aumentato il consumo di pasta. L'assorbimento completo da parte del mercato siciliano e calabrese del volume prodotto sarà possibile se si fornirà un alimento di elevata qualità ad un prezzo concorrenziale. Tale obiettivo sarà raggiungibile dotando il pastificio di impianti altamente automatizzati e all'avanguardia dal punto di vista tecnologico e che permettono di produrre il quantitativo fissato al minimo costo unitario.

Inoltre ubicando il pastificio in una zona della Sicilia, come ad esempio nella provincia di Catania ben servita dalla rete autostradale e ferroviaria, sarà possibile abbracciare i due mercati suddetti, sopportando costi di distribuzione molto più bassi della concorrenza e quindi ponendosi in una situazione concorrenziale favorevole rispetto ai pastifici del Nord.

Non si può poi dimenticare che un fattore fondamentale per la vendita del prodotto è un'azzeccata strategia commerciale. Il successo del canale di vendita *Hard-discount* e dei prodotti di primo prezzo ha avuto un forte effetto facendo abbassare di molto il prezzo della pasta. Di conseguenza, in merito alla collocazione del volume prodotto, l'azienda affronterà il mercato con diversi marchi, di cui uno di prestigio con un'attenzione particolare all'imballaggio, in modo da differenziare il prodotto diretto ad una fascia di consumatori medio-alta, ed altri concorrenziali. In tal modo si potranno utilizzare le grosse catene di distribuzione, senza farle entrare in concorrenza fra loro, e la distribuzione dettagliata tramite rappresentanti di zona.

Inoltre l'azienda calolerà di riversare una parte del prodotto nel "catering" (mense aziendali, ospedaliere, militari, scolastiche, ecc.), settore dove la qualità abbinata ad un prezzo interessante è ancora in grado di fare la differenza.

Ovviamente tutto ciò deve essere supportato da una capillare campagna pubblicitaria che renderà noto il prodotto a mezzo stampa, televisione, radio e cartellonistica.

7.2.3 Definizione del prodotto, delle tipologie e dei quantitativi

Il pastificio produrrà pasta alimentare secca nella tipologia di pasta lunga, pasta corta, pasta corta tranciata, pasta a nido. Affinché il prodotto abbia forti potenzialità di vendita e sia commercializzabile con successo, il pastificio si propone di confezionare un prodotto in grado di soddisfare precisi criteri qualitativi: visivi, analitici, batteriologici, organolettici. In particolare:

1. La pasta secca, prima della cottura, dovrà avere brillantezza, colore, levigatezza, trasparenza, elasticità, compattezza e basso contenuto batterico.

2. La pasta, durante la cottura, dovrà avere una maggior resistenza rispetto alle dirette concorrenti, non scuocere ed avere un basso residuo di cottura.
3. La pasta, dopo la cottura, dovrà essere elastica e senza alcuna patina superficiale.
4. La pasta, durante il consumo, dovrà avere compattezza nella masticazione, gusto, elevato valore nutritivo e digeribilità.

Per quanto riguarda la tipologia di pasta secca prodotta, si può dire che generalmente un pastificio dedica circa il 68-70 % della sua produzione alla pasta corta, mentre destina il restante 30-32 % alla realizzazione di pasta lunga. Tali valori rispecchiano il tradizionale consumo che privilegia la pasta corta in quanto il numero elevato di formati esistenti permette di realizzare una grande varietà di piatti, sfruttando al meglio ogni tipo di condimento.

Il pastificio, che sarà realizzato, si propone di diversificare ulteriormente il prodotto affiancando alle due sopraccitate tipologie classiche anche quella “a nido”, solitamente relegata a pastifici di piccola-media capacità produttiva che si specializzano nella sola produzione di paste “particolari” come i cannelloni, le lasagne e i nidi appunto. Tale scelta è dettata da due considerazioni:

1. Un’indagine di mercato ha rilevato che, negli ultimi anni, c’è stato un incremento del consumo della pasta a nidi, sia all’uovo che di sola semola.
2. In Sicilia non esiste un pastificio attrezzato per la lavorazione di pasta a nido e, quindi, non esiste il problema del prezzo concorrenziale in quanto tutte le paste di questo tipo presenti sul mercato siciliano vengono importate da altre regioni, con prevalenza dal Nord-Italia.

Con l’installazione di un impianto (linea) di pasta a nido risulta evidente come si potrà acquisire quota di tale mercato, anche perché, producendo in loco, si verrebbe a risparmiare il costo di trasporto che, dal Nord-Italia alla Sicilia, incide per circa 0,1 Euro al chilogrammo per cui, anche a parità di qualità del prodotto, l’azienda risulterà più concorrenziale e quindi preferita. Tale differenziazione permetterà inoltre di diversificare l’azienda rispetto a tutti gli altri pastifici locali, con la prospettiva di produrre anche per quelli che vorranno in seguito commercializzare tali formati speciali con il loro marchio.

In base a tali considerazioni si è pensato di frazionare la produzione annua effettiva (400.000 quintali) in questo modo: **64 % pasta corta, 30 % pasta lunga, 6 % pasta a nido**, ottenendo le seguenti quantità:

- produzione annua effettiva di pasta corta: $P_{ac} = 256.000$ q.li
- produzione annua effettiva di pasta lunga: $P_{al} = 120.000$ q.li
- produzione annua effettiva di pasta a nido: $P_{an} = 24.000$ q.li

Per differenziare ulteriormente il prodotto si è pensato di destinare fino al 38 % (**97.300** quintali) della produzione annua di pasta corta (P_{ac}) alla realizzazione di pasta corta tranciata (es. farfalle, orecchiette, ecc.). Questo intento sarà concretizzato frazionando il volume totale di pasta corta su due linee separate ed indipendenti, di cui una per la sola produzione di pasta corta con volume totale annuo di almeno **158.700** quintali (62 % di P_{ac}), l’altra per produrre, a seconda delle esigenze, sia pasta corta che pasta corta tranciata.

Tale scelta è finalizzata a conferire all’impianto una certa elasticità produttiva, necessaria per far fronte alle possibili variazioni della richiesta di questo particolare tipo di prodotto. La conversione della linea da una all’altra tipologia di pasta sarà resa possibile ed effettuabile in tempi rapidi (un’ora) dotando l’impianto di una tranciatrice mobile, posizionata sotto la pressa. In base ad una ricerca di mercato, che rileva i gusti e i consumi dei Siciliani e Calabresi, sono stati definiti i formati di pasta che il pastificio andrà a produrre. In Tabella 24 essi vengono elencati, raggruppandoli per tipologia di prodotto: pasta corta, corta tranciata, lunga e a nido.

Tabella 24 Formati prodotti dal pastificio suddivisi per tipologia

CORTA		TRANCIATA	LUNGA	A NIDO
Abissini	Gnocchetti sardi	Farfalle	Bucatini	Capelli d'angelo
Anellini	Lingue di passero	Farfalle rotonde	Fettuccine	Capellini
Casareccia	Occhi di lupo	Farfalline	Lasagne	Fettucce
Conchiglie	Penne lisce	Lancette	Linguine	Fidelini
Corallini	Penne rigate	Orecchiette	Spaghetti	Pappardelle
Cornetti	Perline	Sorprese	Spghettini	Tagliatelle
Ditalini	Pinoli	Ventagli	Spghettoni	
Ditali	Pipette		Reginette	
Forcelle	Rigatoni		Vermicelli	
Fusilli	Stelline			
Gnocchi	Zitellini			

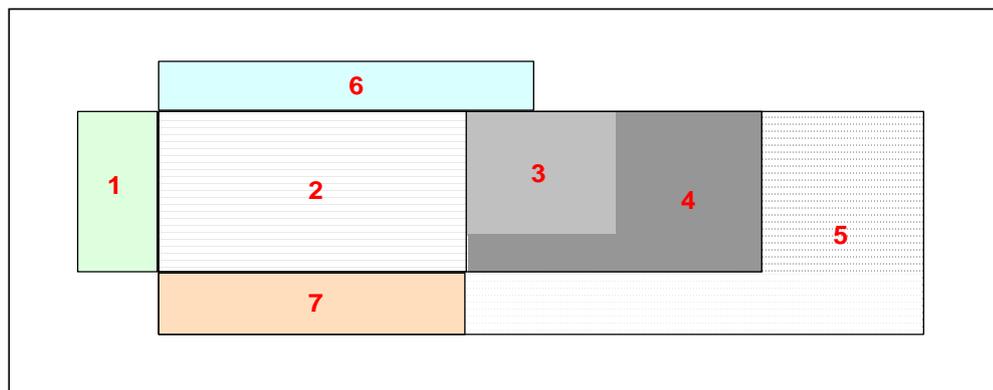
7.2.4 Organizzazione del pastificio

L'organizzazione di un moderno pastificio prevede la suddivisione del ciclo produttivo in vari reparti tra loro interdipendenti:

- sezione di ricevimento e stoccaggio materie prime,
- impianti di produzione (linee continue ed automatiche),
- impianti di accumulo notturno,
- reparto di confezionamento,
- magazzino prodotto finito,
- impianti ausiliari e servizi generali,
- uffici amministrativi.

Nel caso del pastificio in via di progettazione tali sezioni verranno dislocate secondo lo schema riportato in Figura 70. Questa disposizione è giustificata dal fatto che, in una produzione "in linea" come nel caso della pasta secca, i reparti vengono ubicati seguendo il flusso del prodotto, dall'arrivo della materia prima alla spedizione del prodotto finito.

Figura 70 Vista in pianta del pastificio con suddivisione per aree funzionali



Legenda: 1) sfarinati, 2) produzione, 3) accumulo notturno, 4) confezionamento, 5) magazzino prodotto finito, 6) impianti ausiliari e servizi generali, 7) uffici amministrativi.

7.2.5 Impianti di produzione e scelta della loro capacità nominale

La produzione della pasta sarà effettuata mediante l'installazione di quattro linee continue e automatiche, prodotte dalla Pavan S.p.A., così dedicate:

- una linea per pasta lunga;
- due linee per pasta corta, di cui una in grado di realizzare anche pasta tranciata;
- una linea per pasta a nido.

Tutte le linee adotteranno le più moderne tecnologie relative all'altissima temperatura, tali da consentire la creazione di un prodotto di elevata qualità con bassi tempi di produzione e con ridottissimi ingombri dei macchinari. Per definire la potenzialità nominale di ciascuna linea si deve partire dal volume annuo di prodotto finito (confezionato) che si intende ottenere con quella linea. Ciascuna linea viene realizzata e venduta con una certa capacità produttiva nominale.

Tale potenzialità, espressa solitamente in Kg/h, rappresenta la massima produzione possibile, riferita a formati di pasta secca aventi ben determinate caratteristiche geometriche e igrometriche. Di solito la capacità produttiva nominale di una linea di pasta lunga riguarda spaghetti secchi aventi, allo scarico della linea, un diametro di 1,7 mm e un'umidità compresa tra 11,5 e 12,5 %. Inoltre ci si riferisce a spaghetti stesi su canne, quindi non ancora tagliati ma adatti ad esserlo per una lunghezza di 260 mm.

Relativamente alla linea di pasta corta, la capacità produttiva nominale è riferita a formati rotondi e dritti, sia rigati che lisci, con peso specifico compreso tra i 350 e i 400 Kg/m³, aventi uno spessore di cartella variabile tra 0,9 e 1 mm ed un diametro esterno compreso tra i 5 e 7 mm. Anche in questo caso la capacità è misurata allo scarico della linea con un'umidità di prodotto finale compresa fra 11,5 e 12,5 %.

Infine per una linea di pasta a nido si fa riferimento a nidi che a secco pesano 63 o 42 grammi (a seconda della capacità nominale richiesta), ottenuti mediante uno o due tagli rispettivamente da 31,5 e 21 grammi. In questo caso i formati di collaudo potranno essere sia piatti (ottenuti per laminazione, tipo tagliatelle) con una larghezza compresa tra 2 e 8 mm e spessore massimo di 1mm, sia rotondi pieni (ottenuti direttamente per estrusione), aventi diametro compreso tra 0,8 e 1,1 mm. Ovviamente la capacità nominale è misurata allo scarico della linea con un prodotto avente umidità massima del 12,5 %.

Se il pastificio, come generalmente avviene, produce anche dei formati diversi da quelli per cui vengono progettate e ottimizzate le linee, la capacità produttiva effettiva degli impianti sarà minore di quella nominale. Tale contrazione, che può raggiungere a seconda dei formati anche il 30 %, è dovuta principalmente a due fattori:

- riduzione della velocità di trasporto del prodotto all'interno della linea di essiccazione,
- diminuzione della velocità di trafilazione.

Per spiegare il primo punto ci si riferisce agli spaghetti, ma il discorso può essere esteso a tutti quei formati aventi lo spessore della cartella non rientrante nei limiti di riferimento per i quali è stata dimensionata e ottimizzata la linea.

Uno spaghetti, che ha un diametro maggiore di quello di riferimento (ad esempio 2 mm), a parità di velocità di trasporto e condizioni climatiche all'interno della linea di essiccazione, tende a fessurarsi in quanto è maggiore l'area centrale che rimane umida e che quindi non si contrae come la superficie. Di conseguenza, per evitare tale fenomeno, si deve sia variare le condizioni climatiche all'interno delle zone di essiccazione (ridurre la velocità dell'aria, aumentarne l'umidità relativa e diminuirne la temperatura), sia ridurre la velocità di trasporto del prodotto per dare il tempo all'umidità interna di distribuirsi uniformemente. Tali provvedimenti devono essere adottati anche nel caso si voglia produrre uno spaghetti di diametro inferiore a quello "nominale" (ad esempio 1,1 mm). Questo perché altrimenti si avrebbe un'eccessiva disidratazione fino agli strati più interni con il pericolo di un "abbrustolimento" della superficie del prodotto per mancanza di acqua da evaporare.

La riduzione della velocità di trafilazione¹ nella produzione di formati diversi da quelli classici, per cui è stata collaudata la macchina, è dovuta al fatto che generalmente il numero di fori

¹ Per velocità di trafilazione s'intende la velocità con cui fuoriesce il prodotto dalla trafila.

Tale velocità dipende da quella di rotazione della vite di estrusione e dal numero e dalla sezione dei fori presenti nella trafila.



presenti nella trafila è inferiore. Di conseguenza, a parità di velocità di rotazione della vite di estrusione, si può avere un incremento della velocità di trafilazione con aumento dell'attrito tra il prodotto e gli inserti. Ciò, oltre a provocare un surriscaldamento eccessivo della superficie della pasta che può deteriorarne le caratteristiche organolettiche (maggior collosità dopo la cottura), compromette la perfetta formazione del prodotto in uscita dalla trafila.

Per questi motivi si deve ridurre la velocità di rotazione della vite di estrusione in modo tale che la velocità di trafilazione non superi i 3 m/s (valore limite rilevato sperimentalmente) con una conseguente riduzione della produzione oraria effettiva rispetto a quella nominale.

Per individuare la **potenzialità nominale** che deve essere richiesta a ciascuna delle quattro linee, si deve prendere come dato di partenza il **volume annuo di prodotto finito** (confezionato) che, in base alla sopraccitata ricerca di mercato, ci si propone di realizzare con ogni linea e quindi successivamente vendere (vedi Tabella 25).

Tabella 25 Volumi annui di prodotto finito che si intendono realizzare

Pasta lunga	Pasta corta	Pasta corta/tranciata	Pasta a nido
[q.li/anno]	[q.li/anno]	[q.li/anno]	[q.li/anno]
120.000	158.700	97.300	24.000

Per definire la capacità produttiva oraria si deve poi dividere tali valori per il numero di ore annuali previste per l'effettivo funzionamento degli impianti. Tali ore vengono determinate ipotizzando che:

- il pastificio lavori a ciclo continuo 24 ore su 24, per 5 giorni alla settimana (da lunedì a venerdì) e per 49 settimane all'anno;
- le manutenzioni ordinarie programmate siano effettuate a sabati alterni (quando gli impianti sono inattivi) per una durata massima di 24 ore;
- nel corso dell'anno gli impianti rimangano fermi a causa di avarie, manutenzioni straordinarie e sostituzione delle trafile per un periodo non superiore a 6 giorni.

In base a queste considerazioni le ore di effettivo funzionamento degli impianti saranno **5760**, come si può notare anche dalla Tabella 26.

Tabella 26 Giorni ed ore annue di effettiva produzione

Tot. giorni anno	365
Giorni anno di fermata per fine settimana	98
Giorni anno di fermata per ferie collettive e festività nazionali	21
Giorni anno di fermata per guasti, manutenzione straordinaria, cambio trafile	6
Tot. giorni anno di effettiva produzione	240
Ore lavorative al giorno	24
Tot. ore anno di effettiva produzione	5760

Quindi le capacità produttive orarie, che dovranno essere garantite dalle linee, saranno:

Pasta lunga	Pasta corta	Pasta corta/tranciata	Pasta a nido
[Kg/h]	[Kg/h]	[Kg/h]	[Kg/h]
2083	2755	1689	417

Questi valori dovranno poi essere incrementati del 10 % (pasta lunga e a nidi) e del 15 % (pasta corta e corta/tranciata) per tener conto di una riduzione media della produzione oraria dovuta alla realizzazione di formati diversi da quelli di collaudo, per i quali la ditta fornitrice garantisce la capacità nominale. La differenza del 5 % tra le tipologie di pasta è dovuta al fatto che nella pasta corta i formati prodotti, diversi da quelli standard, hanno un peso maggiore rispetto a quelli della pasta lunga e a nido. Nella determinazione della capacità produttiva nominale di ciascuna linea, si deve tener conto anche degli scarti e degli sfridi che si formano durante il ciclo produttivo. Bisogna ricordare che gli scarti non vengono buttati via ma sono riciclati e reinseriti nelle alimentazioni delle linee attraverso un impianto di recupero. Esistono scarti comuni a ciascuna linea ed altri invece specifici del sistema produttivo adottato. Gli scarti comuni sono dovuti a:

- pulizia dei macchinari (vite di estrusione, distributore, ecc.) all'inizio di ogni ciclo produttivo;
- scarti di inizio produzione, determinati dal non aver ancora raggiunto le condizioni termo-igrometriche ottimali che caratterizzeranno a regime gli ambienti essiccanti (solitamente il periodo di transizione ha una durata di 20 minuti);
- prodotto perso lungo la linea, dovuto a caduta dai sistemi di trasporto;
- pacchetti mal formati dalle confezionatrici;
- pacchetti scartati per aver un peso non rientrante nei limiti imposti dalla legge;
- pacchetti scartati per la presenza di corpi estranei (metallici, plastici, ecc.).

Tutti questi scarti rappresentano circa lo 0,5 % della capacità produttiva di una linea. Per il calcolo della capacità produttiva nominale della linea di pasta lunga, visto che tale capacità è riferita al prodotto secco steso su canne, si dovrà tener conto, oltre che degli scarti comuni, anche degli sfridi prodotti nella fase di taglio. Normalmente tale valore non supera il 6 % della capacità nominale.

Un discorso a parte deve essere fatto per la linea di pasta a nido; infatti il nido, essendo più fragile rispetto agli altri formati, è soggetto maggiormente a rotture nel passaggio da un sistema di trasporto all'altro. Gli sfridi prodotti, che possono raggiungere anche il 25 % della produzione oraria, nella maggior parte vengono comunque confezionati in quanto tollerati dal consumatore. Soltanto quelli con una lunghezza inferiore ai 2 cm vengono separati da un vibro-vaglio, posizionato all'uscita dell'essiccatoio, ed inviati all'impianto recupero scarti. Tale quantitativo non supera il 10 % della produzione oraria. In base a tutte queste considerazioni è possibile ora fissare la capacità produttiva nominale per ciascuna delle quattro linee che si intende installare:

Tabella 27 Determinazione della capacità produttiva nominale delle linee di produzione

		pasta lunga	pasta corta	pasta corta/ tranciata	pasta a nido
Capacità produttiva fissata in base alla ricerca di mercato e alla tipologia degli impianti	Kg/h	2083	2755	1689	417
Incremento dovuto alla produzione di un mix di prodotti		10 %	15 %	15 %	10 %
Incremento dovuto a scarti comuni		0,5 %	0,5 %	0,5 %	0,5 %
Incremento dovuto a sfridi causati dal sistema produttivo e di trasporto		6 %			10 %
Capacità produttiva nominale	Kg/h	2440	3184	1952	507

Visto che ogni linea viene prodotta dalla Pavan S.p.A. con **capacità nominale standardizzata**, si dovrà scegliere da catalogo quella con capacità nominale che più si avvicina per eccesso a quella calcolata. Sono state scelte quindi per le quattro linee produttive le seguenti capacità nominali standardizzate:

- linea pasta lunga da **2500 Kg/h**
- linea pasta corta da **3200 Kg/h**
- linea pasta corta/tranciata da **2000 Kg/h**
- linea pasta a nido da **550 Kg/h**.

Le quattro linee sono costituite da macchinari che utilizzano la tecnologia TAS ad altissima temperatura. Adottando tale tecnologia sarà possibile ottenere eccellenti risultati in termini di riduzione dei tempi di processo, diminuzione degli ingombri delle linee e miglioramento del colore, della tenuta in cottura e della sanitizzazione del prodotto; in una parola sola: "della qualità". La disposizione delle linee nel reparto di produzione viene rappresentata nella Figura 71 mentre nelle pagine successive si riportano le planimetrie e le sezioni di ciascuna linea.

Figura 71 Plant layout delle linee di produzione: 1) linea pasta lunga, 2) linea pasta corta, 3) linea pasta tranciata, 4) linea pasta a nido. (Documentazione tecnica Pavan)

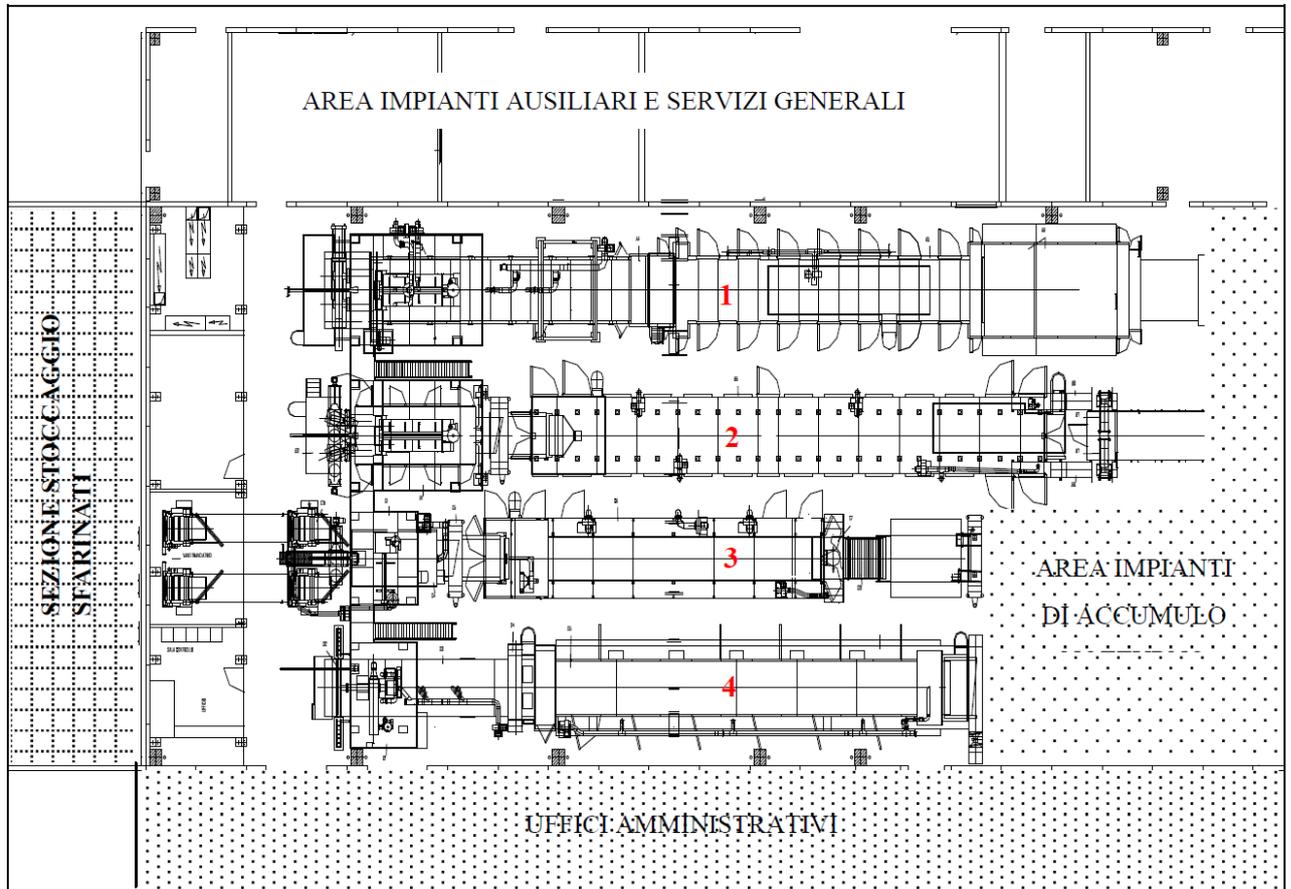


Figura 72 linea pasta lunga. (Documentazione tecnica Pavan)

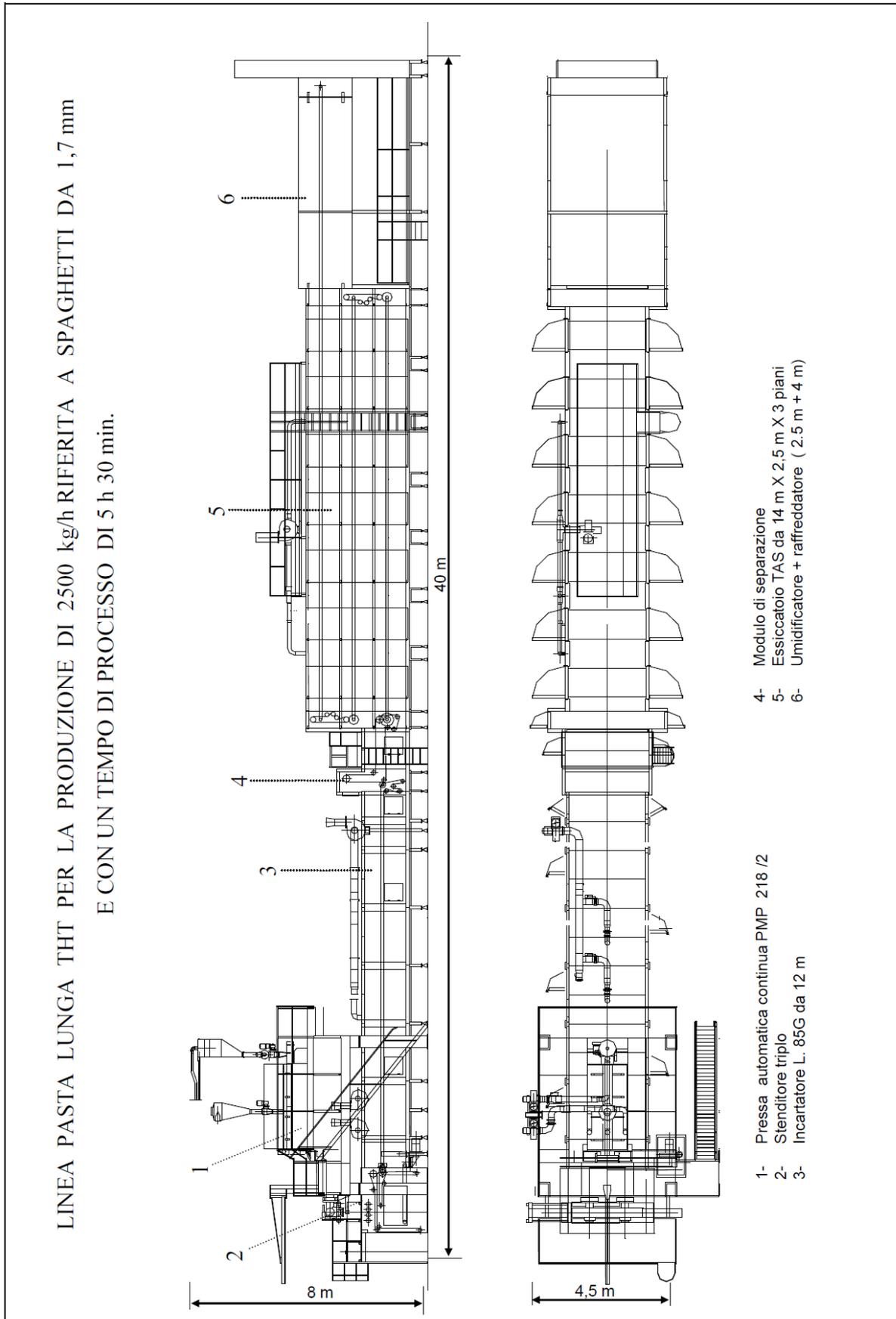


Figura 73 Linea pasta corta. (Documentazione tecnica Pavan)

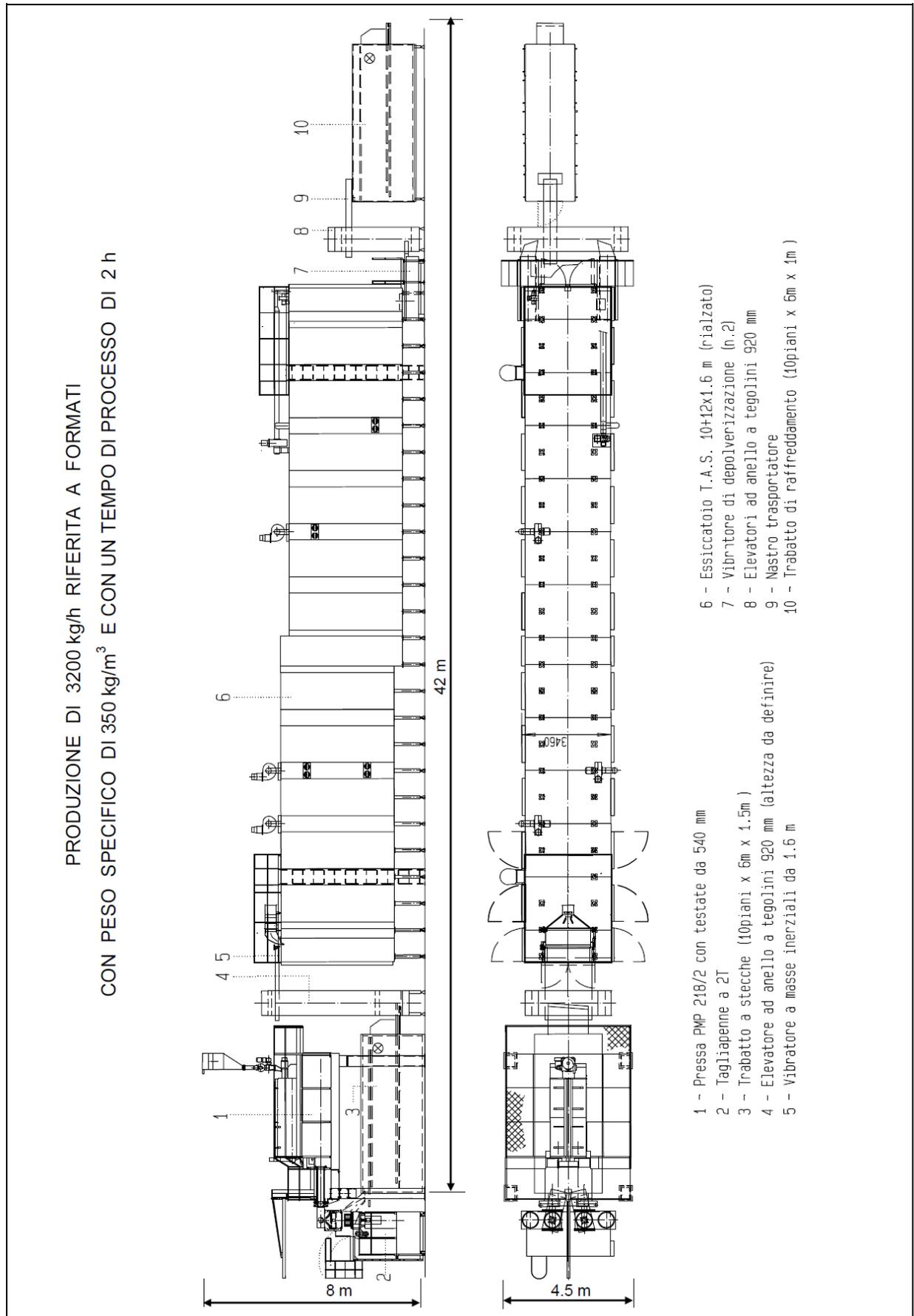
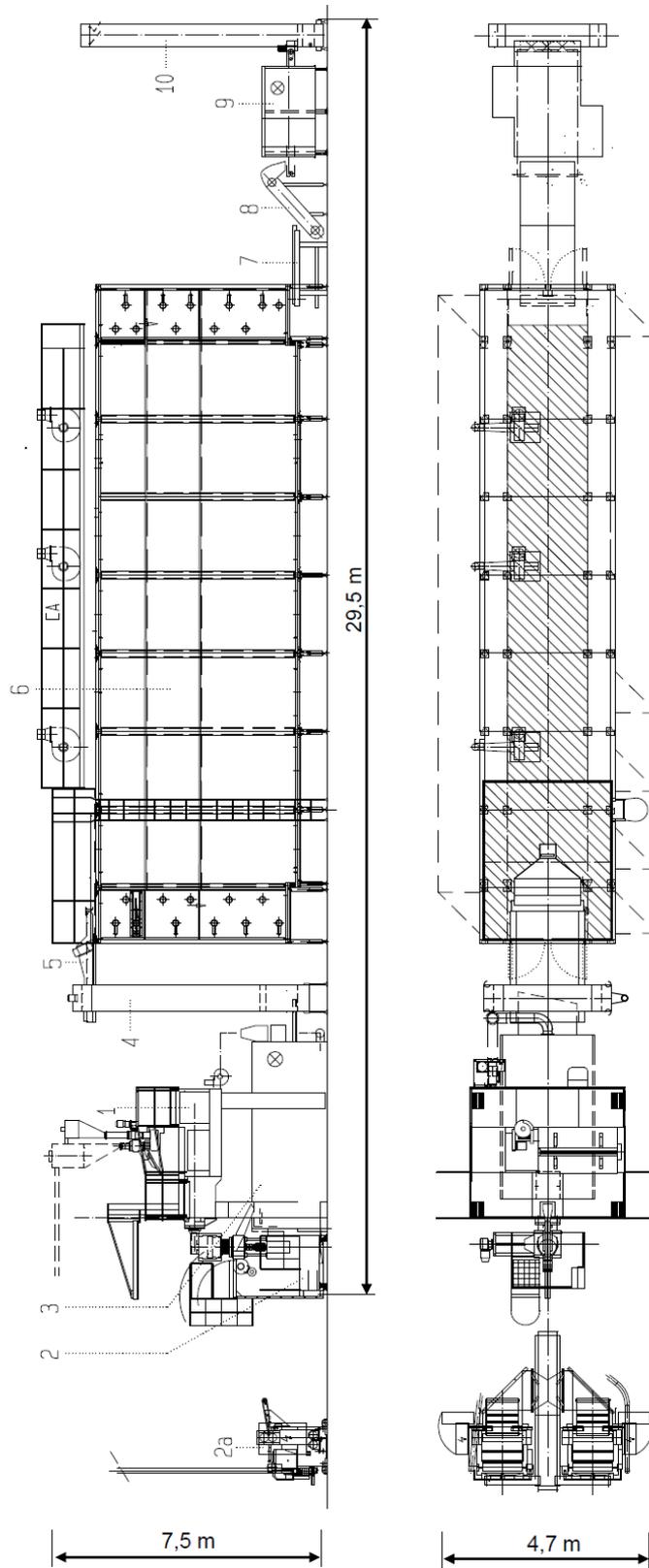


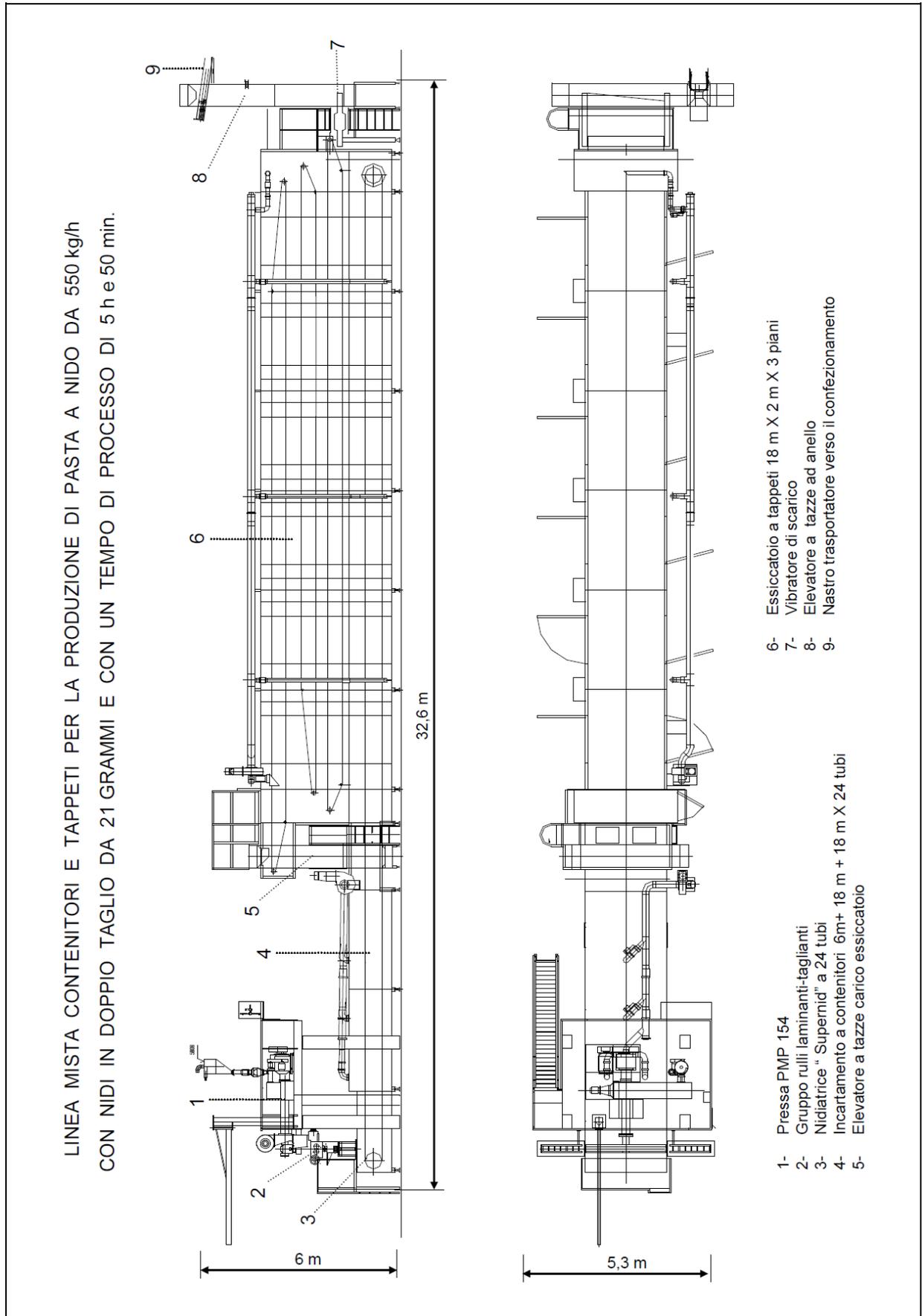
Figura 74 Pasta tranciata. (Documentazione tecnica Pavan)

LINEA PASTA TRANCIATA TAS HP PER LA PRODUZIONE DI 2000 kg/h RIFERITA A FORMATI
CON PESO SPECIFICO DI 350 kg/m³ E CON UN TEMPO DI PROCESSO DI 4 h



- | | |
|---|---|
| 1 - Pressa PMP 218 con testata da 540mm | 6 - Essiccatoio TAS (1fp. x 14m x 1.6m) |
| 2 - Pennaut | 7 - Vibratore di scarico TAS |
| 2a - Tranciatrici | 8 - Nastro elevatore |
| 3 - Trabatto TP90 (9p. x 4m x 1.5m) | 9 - Raffreddatore a tappeto |
| 4 - Elevatore ad anello a tegolini | 10 - Elevatore ad anello a tegolini |
| 5 - Vibratore carico essiccatoio | |

Figura 75 Linea pasta lunga. (Documentazione tecnica Pavan)



7.2.6 Bilancio di massa delle linee di produzione

Ci si propone ora di analizzare il bilancio di massa, relativo a ciascuna linea di produzione, per stabilire le portate ponderali delle materie prime necessarie ad alimentare i sistemi produttivi. Tali valori costituiranno, in seguito, i dati di progetto per la determinazione della capacità di stoccaggio dell'impianto sfarinati. Il bilancio di massa viene effettuato suddividendo ogni linea in due gruppi distinti di componenti:

- il primo è costituito da quegli elementi che svolgono una funzione di essiccazione del prodotto (trabatto, pre-essiccatoio, essiccatoio ecc.);
- il secondo è composto da macchinari che realizzano operazioni di formatura e taglio (pressa, stenditore, nidiatrice, ecc.).

Per i componenti "essiccanti", considerando trascurabili gli scarti di produzione, i flussi di massa possono essere schematizzati nel modo seguente:



dove:

P_I : portata di pasta in ingresso nell'elemento	[Kg/h]
P_U : portata di pasta in uscita dall'elemento	[Kg/h]
A_E : portata d'acqua estratta per evaporazione	[Kg/h]
X_I : umidità del prodotto in ingresso	[%]
X_U : umidità del prodotto in uscita	[%]

Nell'ipotesi di conoscere la portata ponderale (P_U) di prodotto in uscita dall'ultimo elemento essiccante, l'umidità finale della pasta (X_U) e l'umidità del prodotto in ingresso (X_I), la portata d'acqua estratta per evaporazione è determinata dalla seguente formula:

$$A_E = P_U \cdot \frac{(X_I - X_U)}{(100 - X_I)} \quad [\text{Kg/h}] \quad [\text{Equazione 1}]$$

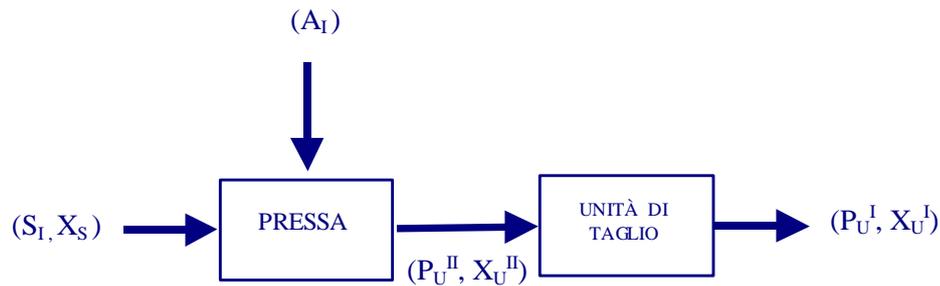
mentre la portata di pasta in ingresso nel componente sarà data da:

$$P_I = P_U + A_E \quad [\text{Kg/h}] \quad [\text{Equazione 2}]$$

Questo metodo di calcolo può essere applicato, oltre che al singolo componente, anche direttamente all'intera linea di essiccazione, considerandola come un unico elemento. Il bilancio di massa, riguardante gli elementi a monte della linea di essiccazione, deve essere effettuato tenendo conto di due situazioni distinte:

- formatura e taglio della pasta senza produzione di sfridi,
- formatura e taglio della pasta con produzione di sfridi.

Nel primo caso, considerando trascurabili le perdite di prodotto, i flussi di massa possono essere schematizzati nel seguente modo:



dove:

S_I portata di semola in ingresso pressa [Kg/h]

A_I portata d'acqua potabile in ingresso pressa [Kg/h]

P_U^{II} portata pasta in uscita dalla pressa [Kg/h]

P_U^I portata pasta in uscita dall'unità di taglio [Kg/h]

X_S umidità della semola [%]

X_U^{II} umidità pasta in uscita dalla pressa [%]

X_U^I umidità pasta in uscita dall'unità di taglio [%]

Poiché i processi di formatura e taglio vengono effettuati senza essiccare il prodotto, varranno le seguenti equazioni:

$$X_U^{II} = X_U^I \text{ [%]} \quad \text{[Equazione 3]}$$

$$P_U^{II} = P_U^I \text{ [Kg/h]} \quad \text{[Equazione 4]}$$

$$S_I + A_I = P_U^{II} \text{ [Kg/h]} \quad \text{[Equazione 5]}$$

Essendo la portata di pasta in uscita dall'unità di taglio la stessa che entra nella linea di essiccazione, si avrà:

$$P_U^{II} = P_I \text{ [Kg/h]} \quad \text{[Equazione 6]}$$

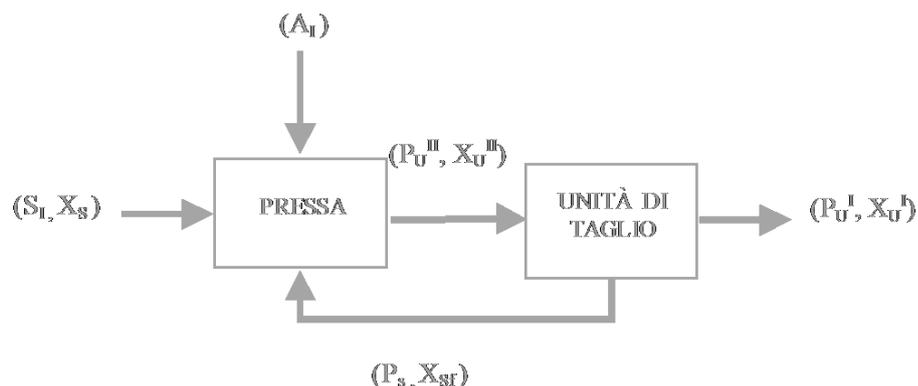
Conoscendo P_U^{II} , X_U^{II} e l'umidità della semola X_S , la portata d'acqua potabile per l'impasto si ottiene da :

$$A_I = P_U^{II} \cdot \frac{(X_U^{II} - X_S)}{(100 - X_S)} \text{ [Kg/h]} \quad \text{[Equazione 7]}$$

e quindi, considerando l'equazione 5, la portata di semola di alimentazione pressa è data da:

$$S_I = P_U^{II} - A_I \text{ [Kg/h]} \quad \text{[Equazione 8]}$$

Nel caso in cui l'operazione di taglio della pasta comporti la formazione di sfridi (linea di pasta lunga, linea di pasta corta tranciata), questi vengono recuperati e reinserti, dopo una fine tritatura, nella vasca impastatrice della pressa. Di conseguenza, considerando anche qui trascurabili le perdite di prodotto, i flussi di massa assumeranno l'andamento illustrato nello schema sottostante:



dove:

P_S portata di sfridi [Kg/h]

X_{Sf} umidità sfridi coincidente con X_U^I [%]

Considerando il fatto che, anche in questo caso non vi è estrazione d'acqua per evaporazione nella realizzazione delle fasi di formatura e taglio, varranno le seguenti equazioni:

$$P_U^{II} = P_U^I + P_S \quad \text{[Equazione 9]}$$

$$S_I + A_I + P_S = P_U^{II} \quad \text{[Equazione 10]}$$

Se si indica con "s" la percentuale della portata di pasta P_U^{II} , che costituirà gli sfridi, si avrà:

$$P_S = \frac{s \cdot P_U^{II}}{100} \quad \text{[Equazione 11]}$$

sostituendola nella 9 si otterrà la portata di pasta in uscita dalla pressa:

$$P_U^{II} = P_U^I \cdot \frac{100}{(100 - s)} \quad \text{[Equazione 12]}$$

Ora, conoscendo P_U^{II} , P_S , X_U^{II} e X_S , si potrà determinare prima la portata d'acqua d'impasto:

$$A_I = (P_U^{II} - P_S) \cdot \frac{(X_U^{II} - X_S)}{(100 - X_S)} \quad \text{[Equazione 13]}$$

e successivamente, applicando la 10, la portata di semola di alimentazione pressa:

$$S_I = P_U^{II} - A_I - P_S \quad \text{[Equazione 14]}$$

Applicando questo metodo di calcolo, si sono determinati i flussi di massa per ogni linea. Per semplificare la trattazione, gli "elementi essiccanti" sono stati considerati come un unico sistema definito "linea di essiccazione". In Tabella 28 si riassumono i dati di progetto che, nelle ipotesi in precedenza avanzate, conducono ai risultati di Tabella 29.

Tabella 28 Dati di progetto per la determinazione dei flussi di massa lungo le linee di produzione.

		LUNGA	CORTA	TRANCIATA	A NIDO
Portata nominale	P_U [Kg/h]	2500	3200	2000	550
Umidità pasta in uscita dalla linea di essiccazione *	X_U [%]	12,5	12,5	12,5	12,5
Umidità pasta in ingresso dalla linea di essiccazione	X_I [%]	31	33	33	31
Umidità pasta in uscita dall'unità di taglio [■]	X_U^I [%]	31	33	33	31
Umidità pasta in uscita dalla pressa	X_U^{II} [%]	31	33	33	31
Umidità semola	X_S [%]	14	14	14	14
Percentuale di sfridi	s [%]	15	/	20	/

*) Valore massimo imposto per Legge. [■]) Per unità di taglio s'intendono i seguenti macchinari: stenditore (linea pasta lunga), taglierino-tagliapenne (linea pasta corta), tranciatrice (linea pasta corta tranciata), nidiatrice (linea a nido).

Tabella 29 Portate ponderali lungo le linee di produzione

PORTATE MASSICHE		LUNGA	CORTA	TRANCIATA	A NIDO
Portata d'acqua estratta per evaporazione [eq. 1]	A_E [Kg/h]	671	980	612	148
Portata di pasta in ingresso linea di essiccazione [eq. 2]	P_I [Kg/h]	3171	4180	2612	698
Portata di pasta in uscita pressa [eq. 12]	P_U^{II} [Kg/h]	3731	4180	3265	698

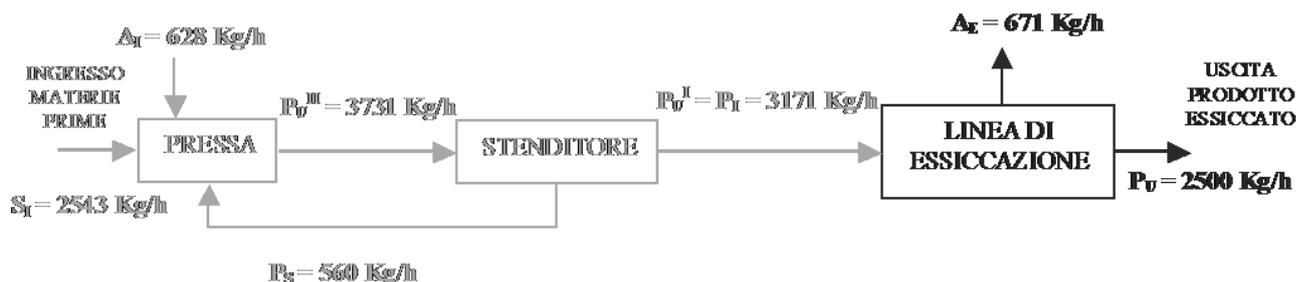
PORTATE MASSICHE		LUNGA	CORTA	TRANCIATA	A NIDO
Portata di sfridi [eq. 11]	P_S [Kg/h]	560	/	653	/
Portata d'acqua d'impasto [eq. 7] o [eq. 13]*	A_I [Kg/h]	628	924	578	138
Portata di semola in ingresso pressa [eq. 8] o [eq. 14]*	S_I [Kg/h]	2543	3256	2034	560

*) Applicata alle linee con riciclo di sfridi: pasta lunga, pasta tranciata.

*) applicata alle linee prive di formazione di sfridi: pasta corta, pasta a nido.

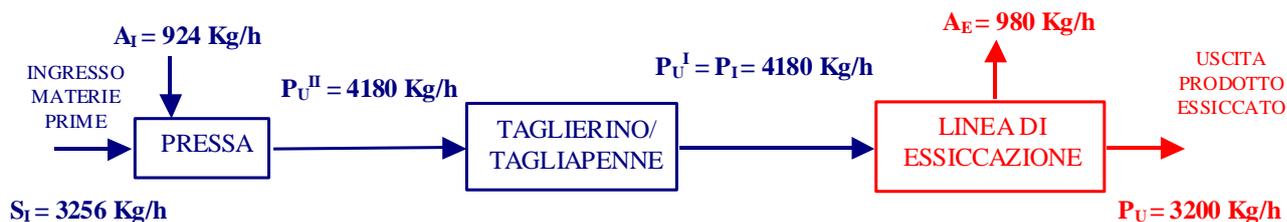
I bilanci di massa relativi a ciascuna linea sono stati, infine, rappresentati negli schemi sottostanti:

Figura 76 • Linea pasta lunga da 2500 Kg/h



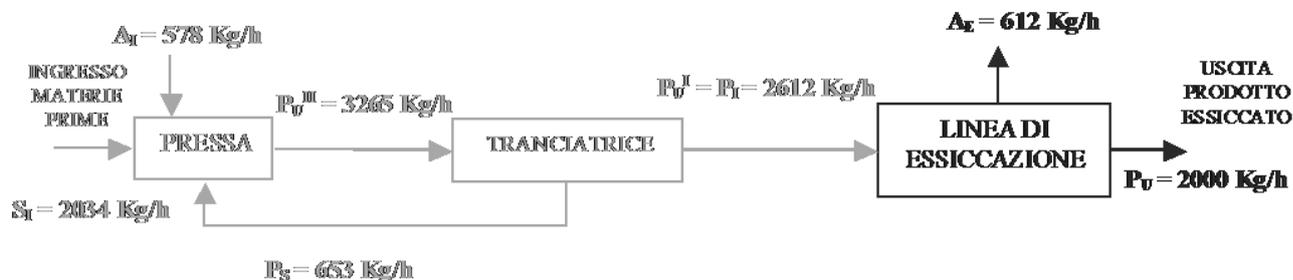
La “linea di essiccazione” è composta dai seguenti elementi: pre-essiccatoio, essiccatoio, umidificatore, raffreddatore.

Figura 77 • Linea pasta corta da 3200 Kg/h



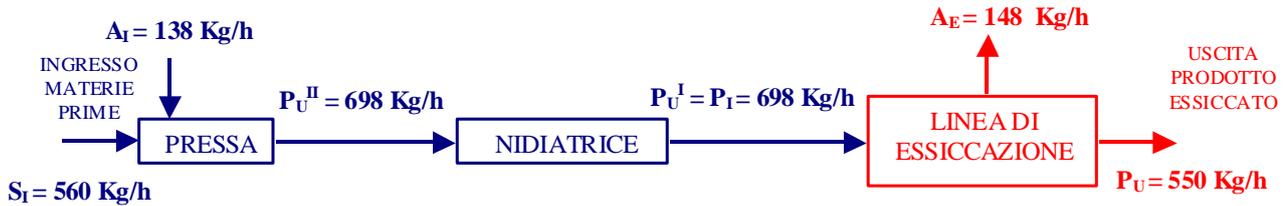
La “linea di essiccazione” è composta dai seguenti elementi: trabatto, essiccatoio, raffreddatore

Figura 78 Linea pasta tranciata da 2000 Kg/h



La “linea di essiccazione” è composta dai seguenti elementi: trabatto, essiccatoio, raffreddatore.

Figura 79 • Linea pasta a nido da 550 Kg/h



La “linea di essiccazione” è composta dai seguenti elementi: pre-essiccatoio, essiccatoio.

7.2.7 Organizzazione strutturale del reparto di confezionamento e dimensionamento degli accumuli notturni

Si è detto che il pastificio adotterà un ciclo produttivo svolto con continuità 24 ore su 24. Le linee adottate, utilizzando una tecnologia d’avanguardia, frutto di ricerche e dell’esperienza che la Pavan S.p.A. ha maturato nel corso dei decenni di attività nel settore, saranno in grado di condurre la produzione automaticamente, comportando una presenza di personale estremamente contenuta in termini numerici.

Ogni linea, infatti, potrà essere gestita da un solo operatore a cui saranno affidati l’effettuazione e il controllo di tutte quelle operazioni considerate critiche (cambio ricetta e cambio formato, per i quali bisogna “adattare” le macchine alla nuova produzione con operazioni di cambio trafila, di ritaratura dei parametri di regolazione, ecc.). Tale addetto, inoltre, sarà in grado di gestire da solo, contemporaneamente alla linea, anche l’impianto alimentazione sfarinati e gli impianti ausiliari necessari al corretto funzionamento del sistema produttivo.

Invece le fasi che avvengono a valle delle linee di produzione avranno la necessità di maggior personale perché alcune operazioni, come la palettizzazione, la movimentazione e l’immagazzinaggio saranno realizzate con sistemi meccanizzati ma non automatizzati (muletti, carrelli), mentre altre operazioni, come il confezionamento e il fardellaggio, pur utilizzando macchine automatiche, richiederanno una presenza continua e costante per la regolazione (in caso di cambio formato) ed asservimento macchine (con bobine per le confezionatrici, con cartoni per le fardellatrici/incartonatrici).

Si tratta per lo più di operazioni ripetitive e semplici, che richiedono la presenza di operai non specializzati e disposti a lavorare su tre turni giornalieri di 8 ore ciascuno, cioè anche nelle ore notturne. Il lavoro notturno è però da alcuni anni un problema anche in Sicilia. Infatti l’aumento del benessere sociale e l’incremento del livello scolastico medio hanno reso sempre più difficile reperire operai disposti a lavorare nelle ore notturne.

Si è pensato di superare tale ostacolo strutturando uno schema organizzativo che preveda il dimensionamento del reparto di confezionamento in modo da poter confezionare in 16 ore (2 turni) l’intera produzione delle 24 ore. Questo schema comporta pertanto l’adozione di sistemi di accumulo in grado di stoccare la pasta prodotta nel turno notturno, svincolando le operazioni a valle delle linee di produzione dalla produzione stessa.

7.2.7.1 Dimensionamento dell’accumulo notturno e del reparto di confezionamento della linea di pasta lunga

L’accumulo notturno della **linea di pasta lunga** è costituito da una serie di piani sovrapposti nei quali vengono trasferite automaticamente le canne cariche di pasta in uscita dal raffreddatore. I piani hanno sistemi di movimentazione delle canne indipendenti l’uno dall’altro in modo da poter effettuare il carico e lo scarico in o da un qualsiasi piano.

Il dimensionamento consiste nel determinarne il numero di piani, essendo imposta sia la larghezza, di poco maggiore della lunghezza delle canne di trasporto (2,5 m), che la lunghezza per problemi di spazio. Con riferimento ai dati di progetto di seguito riportati

produzione nominale linea: $P_N = 2500 \text{ Kg/h}$
 ore di accumulo: $H = 8 \text{ h}$ (1 turno)
 lunghezza piani: $l = 15,3 \text{ m}$
 pasta trasportata da una canna: $p = 8,3 \text{ Kg/canna}$
 numero di canne per metro: $c = 39,37 \text{ canne/m.}$

si perviene ai seguenti risultati

Produzione da accumulare: $P_T = P_N \cdot H = 20.000 \text{ Kg.}$

Numero di canne necessarie: $C = \frac{P_T}{p} = 2410 \text{ canne.}$

Lunghezza lineare occupata dalle canne: $L = \frac{C}{c} = 61,16 \text{ m.}$

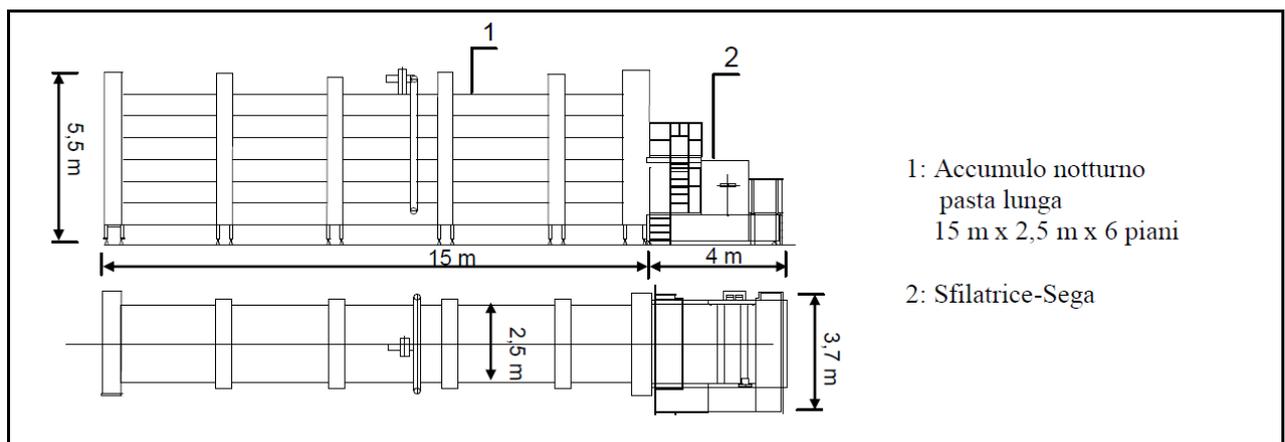
Numero minimo di piani: $n = \frac{L}{l} = 4 \text{ piani.}$

A questi piani, necessari ad accumulare la capacità produttiva nominale di 8 ore, ne vanno aggiunti altri due:

- il primo funge da polmone per cambi di formato o per eventuali avarie diurne dei macchinari di confezionamento e fardellaggio;
- il secondo per effettuare il carico dell'impianto, in quanto le fasi di carico e scarico avvengono con due velocità diverse e, per ragioni costruttive, non possono essere compiute contemporaneamente sullo stesso piano.

In conclusione il numero dei piani (N_T) dell'accumulo notturno della linea di pasta lunga sarà $N_T = 7$. (Figura 80).

Figura 80 Vista laterale ed in pianta dell'accumulo notturno pasta lunga e della sfilatrice-sega. (Doc. tec. Pavan)



Dall'accumulo notturno la pasta lunga passerà in una sfilatrice-sega e, dopo essere stata sfilata e tagliata, giungerà nella **zona di confezionamento** tramite un sistema di trasporto a tazza. Partendo dal presupposto che il reparto di confezionamento sia ad alto livello di automazione, i principali parametri, che devono essere fissati per stabilirne il dimensionamento, sono:

1. potenzialità produttiva complessiva della linea nelle 24 ore;
2. velocità operativa effettiva delle singole macchine confezionatrici, tenendo conto del peso di ogni singola confezione e della "macchinabilità" dei materiali usati;
3. elasticità operativa in relazione al numero dei formati in catalogo, all'articolazione produttiva degli stessi e alla capacità di accumulo.

Il dimensionamento dei sistemi di confezionamento consiste nella determinazione del numero di confezionatrici da adottare per ciascuna linea di produzione. Nel caso della linea di pasta lunga i dati di progetto sono:

- produzione nominale linea: $P_N = 2500 \text{ Kg/h}$ ⁽¹⁾
- ore giornaliere di produzione $N = 24 \text{ ore}$ (3 turni)
- ore giornaliere di confezionamento: $n = 16 \text{ ore}$ (2 turni)
- peso medio per confezione: $G = 500 \text{ grammi}$

Determinazione della produzione giornaliera (P_C) da confezionare in 16 ore:

$$P_C = P_N \cdot N = 60.000 \text{ Kg/giorno}$$

La potenzialità operativa oraria teorica (P_{th}) del sistema di confezionamento è:

$$P_{th} = \frac{P_C}{n} = 3750 \text{ Kg/ora}$$

In realtà la produzione giornaliera deve essere divisa non per le 16 ore teoriche ma per 13,5 ore, sovradimensionando così la potenzialità operativa del sistema di confezionamento.

Questo viene fatto per tener conto che le confezionatrici non lavorano con continuità per tutte le 16 ore, ma hanno delle soste dovute al cambio bobina, al cambio formato di pasta, all'assenza del personale, ad inceppi, ad operazioni di pulizia, ecc.

Quindi la potenzialità operativa oraria effettiva (P_e) dovrà essere di:

$$P_e = \frac{P_C}{13,5} = 4444 \text{ Kg/ora}$$

Il numero di confezioni da realizzare al minuto (C) sarà dato da:

$$C = \frac{P_e}{60 \cdot G \cdot 10^{-3}} = 149 \text{ conf/min.}$$

Per realizzare questo numero di confezioni al minuto si possono scegliere due confezionatrici (CPL-CM) da 100 battute al minuto ciascuna oppure tre confezionatrici da 60 battute al minuto², prodotte dalla Pavan S.p.A.

Considerando che il costo di una confezionatrice “veloce” è maggiore di quello di due confezionatrici “lente” e non avendo problemi di spazio, essendo tali macchine abbastanza compatte, si è optato per l'installazione di una batteria di **quattro confezionatrici** da 60 battute al minuto ciascuna: **tre operative e una in stand-by**, capace di garantire al sistema la continuità di produzione in caso di avaria ad una delle altre macchine.

Per abbracciare anche il mercato del “catering”, oltre alla quattro confezionatrici suddette, sarà necessario dotare il reparto di un'ulteriore macchina capace di confezionare pacchi da 5 Kg (CPL 5K della Pavan). Essa verrà posta in linea con le altre e, avendo una capacità di 10 pacchi al minuto, sarà in grado di confezionare (in due turni di lavoro) il 68 % della produzione nominale di pasta lunga.

A valle delle confezionatrici verrà posizionato un **sistema di fardellaggio automatico**. La potenzialità di tale sistema dovrà essere superiore alla massima capacità di confezionamento (Q_c) di

¹ Tale produzione, essendo riferita a prodotto secco steso su canne, non corrisponde a quella effettivamente confezionabile (P_e), che invece sarà ottenuta riducendo del 6 % la produzione nominale, tenendo conto così degli sfridi prodotti dalla sfilatrice-sega in fase di taglio: $P_e = 0,94 P_N = 2350 \text{ Kg/h}$.

Nella determinazione del numero di confezionatrici si fa comunque riferimento alla capacità produttiva nominale per avere un margine di sicurezza nel caso gli sfridi siano inferiori.

² Entrambe le velocità di confezionamento vengono riferite al formato nominale, ossia spaghetti da 1,7 mm di diametro, e a confezioni da 500 grammi.

tutte le confezionatrici contemporaneamente operative; nella linea in questione questa capacità è pari a $Q_c = 180$ batt/min.

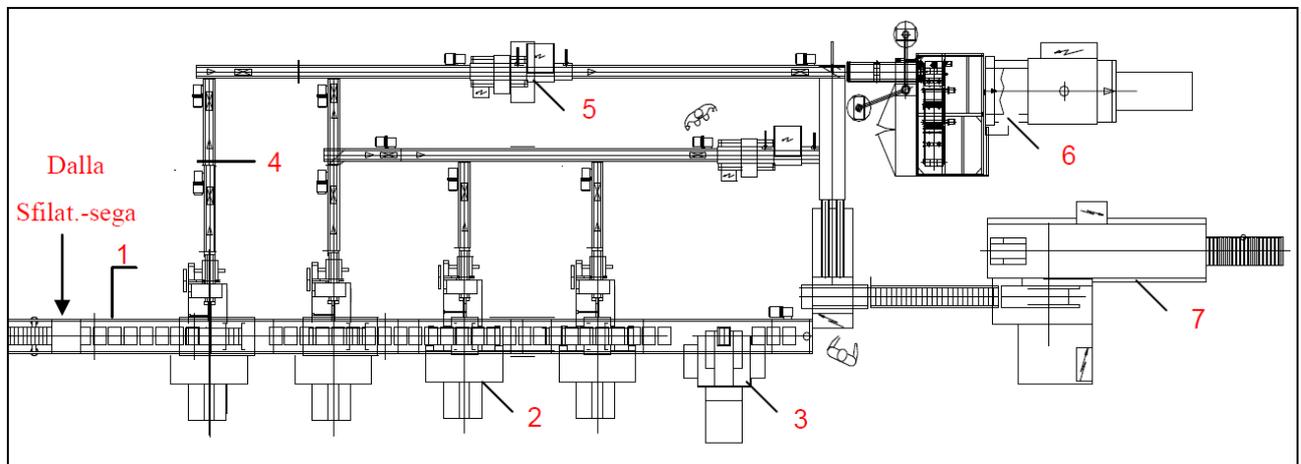
Considerando poi che anche le macchine fardellatrici hanno dei tempi di sosta per assenza del personale, per cambio bobine (se la fardellatrice è dotata di unità di termoretrazione) o per alimentazione dei cartoni (se è una fardellatrice-incartonatrice), la potenzialità minima di fardellaggio (Q_f) sarà ottenuta aumentando del 5 % la capacità di confezionamento:

$$Q_f = 1,05 \cdot Q_c = 189 \text{ conf/min.}$$

Si è pensato, quindi, di installare **due fardellatrici** da 200 confezioni al minuto ciascuna:

- una munita di unità di termoretrazione da 10 fardelli al minuto,
- l'altra dotata di incartonatrice da 12 cartoni al minuto e di un sistema nastrante.
- Avere due macchine in grado di fardellare da sole l'intera capacità produttiva dell'impianto consentirà sia di tenerne una in stand-by sia di differenziare il prodotto soddisfacendo mercati con diverse esigenze qualitative. Solitamente, infatti, la pasta fardellata con involucri termoretraibili ha una qualità inferiore ed un prezzo più basso di quella destinata ad essere confezionata e poi inscatolata (produzione di massima qualità per il pastificio).
- Le due fardellatrici sono alimentate da dei nastri trasportatori reversibili e non, muniti di metal detector e di sistemi per il controllo del peso.
- Il fardellaggio delle confezioni da 5 Kg sarà realizzato manualmente, infatti l'utilizzo saltuario di questa confezionatrice renderebbe difficile ammortizzare la spesa per un ulteriore specifico impianto di fardellaggio.

Figura 81 Plant layout del reparto confezionamento e fardellaggio pasta lunga¹



7.2.7.2 Dimensionamento degli accumuli notturni delle linee di pasta corta e pasta corta tranciata

Il sistema di accumulo notturno, sia della linea di pasta corta che di quella di pasta corta tranciata, sarà composto da un gruppo di sili a sezione quadrata.

- Ogni silo è costituito da un'intelaiatura in acciaio e da pareti di contenimento del prodotto, realizzate in legno multistrato e rivestite con laminato plastico. La parte terminale del silo, a tronco di piramide, è sorretta da una struttura di acciaio ancorata alla base e termina con una bocca di scarico quadrata (Figura 82).

In questa fase di progettazione ci si propone di determinare il numero di sili in grado di accumulare la capacità produttiva delle ore notturne, di fungere da polmone in caso di avaria delle

¹ Legenda: 1) trasportatore a tazze, 2) confezionatrici CPL 85, 3) confezionatrice da 5 Kg, 4) nastro trasportatore, 5) metal detector e controllo peso, 6) fardellatrice con termoretrazione, 7) fardellatrice- incartonatrice. (Documentazione tecnica Pavan)

macchine confezionatrici e di dare elasticità all'intero ciclo produttivo al variare dei formati prodotti. Incominciando dalla **linea di pasta corta**, i dati di progetto sono:

- produzione nominale linea: $P_N = 3200 \text{ Kg/h}$
- ore di accumulo: $H = 8 \text{ h}$
- peso specifico apparente pasta corta : $\gamma = 350 \text{ Kg/m}^3$

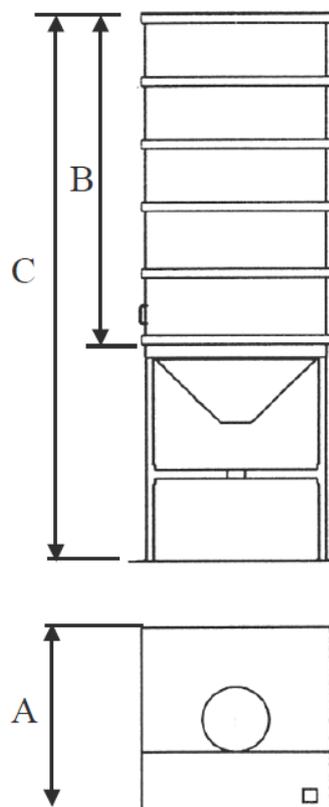
Da cui si deducono gli elementi di seguito riportati:

- Produzione da accumulare: $P_T = P_N \cdot H = 25.600 \text{ Kg}$
- Volume di stoccaggio: $V = \frac{P_T}{\gamma} = 73,14 \text{ m}^3$

Per la determinazione delle dimensioni dei sili, ci si può riferire allo spazio a disposizione nel fabbricato (altezza sotto il filo di catena, ingombri lineari) e al fatto che è sempre preferibile frazionare il volume da stoccare su più sili per dare maggior flessibilità al sistema. Si è dunque scelto un tipo di silo avente le seguenti caratteristiche geometriche:

- capacità volumetrica geometrica: $V_g = 12,6 \text{ m}^3$
- capacità volumetrica utile: $V_u = 10 \text{ m}^3$
- lato sezione quadrata: $A = 2090 \text{ mm}$
- altezza cella di stoccaggio: $B = 3020 \text{ mm}$
- altezza totale silo: $C = 5416 \text{ mm}$
- La differenza tra la capacità geometrica e quella utile è dovuta alla presenza, all'interno del silo, di uno scivolo elicoidale che permette alla pasta di scendere senza danneggiarsi.

Figura 82 Vista frontale e in pianta silo di accumulo pasta corta. (Doc. tec. Pizeta)



Il numero (s_a) di sili sufficiente a stoccare il volume di pasta prodotto nel turno notturno è pari a $s_a = \frac{V}{V_u} = 7,3 \rightarrow 8$ sili, ai quali è bene aggiungere ulteriori due sili, in base alle seguenti considerazioni:



- uno per poter effettuare nel corso della notte il cambio formato, essendo la pasta corta un prodotto che viene stoccato alla rinfusa;
- l'altro per accumulare temporaneamente gli scarti di linea, sia quelli di inizio produzione che quelli dovuti ad errori (non perfetto funzionamento della pressa, dell'essiccatoio, degli impianti ausiliari, ecc.), in attesa che questi possano essere smaltiti dall'impianto recupero scarti.

Il numero minimo di sili (s), quindi, passa a: $s = 10$ (sili). Si è pensato poi di incrementare ulteriormente tale numero, sia per poter accumulare piccoli lotti di formati particolari prodotti nelle ore diurne, sia soprattutto per costituire un polmone nel caso di avaria del sistema di confezionamento-fardellaggio. Infatti per tale sistema, a causa degli alti costi dei macchinari, non è stata prevista l'installazione di confezionatrici di riserva, optando per una più economica ridondanza dell'impianto di accumulo notturno.

In base all'esperienza maturata dalla Pavan in altri pastifici, si ritiene che una ridondanza del 60 %, che fornisce una capacità di accumulo pari a 6,5 ore di produzione della linea, sia sufficiente per effettuare le riparazioni al sistema di confezionamento e fardellaggio. Tenendo conto poi del fatto che quasi mai si ha la contemporanea avaria di più macchinari, il numero di ore a disposizione per la riparazione aumenta proporzionalmente al numero di macchine su cui si è deciso di frazionare il confezionamento della capacità produttiva nominale.

Per queste considerazioni, **il numero totale dei sili (S)** per l'accumulo notturno della linea di pasta corta è: **$S = 16$** (sili).

Analogo discorso può essere fatto per la **linea di pasta corta tranciata** da 2000 Kg/h. Adottando la medesima procedura di calcolo e scegliendo lo stesso tipo di silo, si sono ottenuti i seguenti risultati:

- Sili necessari per accumulare il prodotto nelle 8 ore notturne: $s_a = 5$ (sili).
- Sili da destinare all'interscambio dei formati: $s_f = 4$ (sili).

Tale numero è quadruplicato rispetto a quello relativo alla linea di sola pasta corta, perché la linea di pasta corta tranciata può essere adibita anche alla produzione di pasta corta semplice, aumentando così il numero di possibili formati che potrebbero essere temporaneamente insilati.

- Sili da destinare agli scarti: $s_s = 1$ (silo).
- Numero minimo di sili per l'accumulo notturno: $s = s_a + s_f + s_s = 10$ (sili).

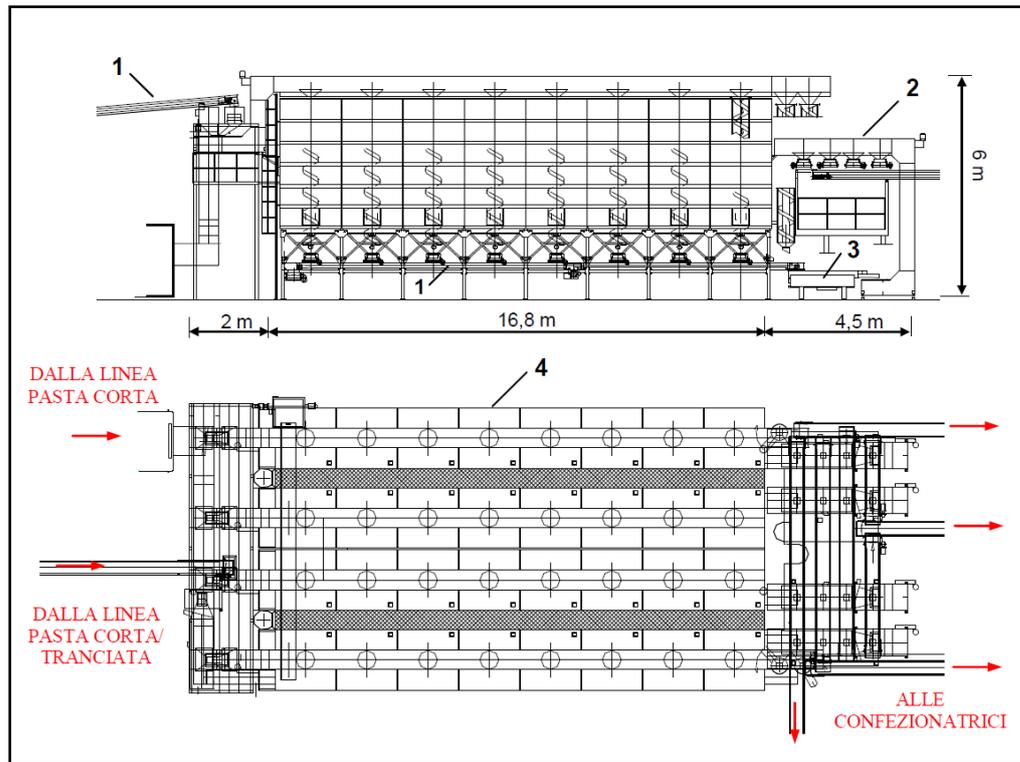
Considerando una ridondanza del 60 % per avere un polmone di accumulo in caso di avarie delle confezionatrici e delle fardellatrici, il numero totale di sili passa anche in questo caso a: **$S = 16$**

Per ottenere il minor ingombro possibile, i 32 sili relativi alle due linee esaminate verranno suddivisi in quattro batterie, affiancate, da otto elementi ciascuna (Figura 83).

Per conferire al reparto di stoccaggio temporaneo un'elevata flessibilità, il carico di ogni singolo silo potrà avvenire da ciascun punto di scarico di entrambe le linee. Ciò sarà reso possibile mediante l'utilizzo di nastri trasportatori e specialmente grazie ad elevatori-trasportatori a tazze (ad anello, a "C", a "Z").

Lo scarico invece verrà realizzato mediante 32 nastri inclinati che convoglieranno il prodotto dalla bocca di ciascun silo su quattro nastri trasportatori (uno per ogni batteria di sili), utilizzati come elemento di trasporto per l'invio della pasta corta al reparto di confezionamento.

Figura 83 Vista laterale e in pianta delle batterie di sili e dei sistemi di carico e scarico¹



7.2.7.3 Dimensionamento reparto confezionamento relativo alle due linee di pasta corta

Con riferimento ai dati di prodotto riportati in Tabella 30 e adottando la stessa modalità di calcolo effettuate in precedenza, si otterranno i risultati riportati in Tabella 31.

Tabella 30 Dati di progetto relativi alle due linee di pasta corta

	Produzione nominale [Kg/h]	Ore giorno di produzione	Ore giorno di confezionamento	Peso medio per confezione [g]
Linea pasta corta semplice	3200	24	16	500
Linea pasta corta tranciata	2000	24	16	500

Tabella 31 Risultati del calcolo della produzione giornaliera da confezionare, della potenzialità operativa effettiva del sistema di confezionamento e delle confezioni da realizzare, relativamente alle linee di pasta corta e pasta corta tranciata

	Produzione giornaliera da confezionare [Kg]	Potenzialità operativa effettiva del sistema di confezionamento [Kg/h]	Confezioni da realizzare al minuto
Linea pasta corta semplice	76.800	5689	190
Linea pasta corta tranciata	48.000	3556	119

Scegliendo delle confezionatrici automatiche (VPM HS) da 100 battute al minuto² con pesatrice a 14 teste della Pavan e, come già detto, avendo deciso di non installarne nessuna con funzione di stand-by, verranno adottate **due confezionatrici-pesatrici per la linea di pasta corta e altrettante per la linea di pasta corta tranciata.**

¹ Legenda: : 1) nastro trasportatore, 2) trasportatore a tazze, 3) vaglio di ripasso, 4) batteria di sili. (Documentazione tecnica Pavan)

² La velocità di confezionamento si riferisce a confezioni da 500 g e a formati con scorrevolezza media: penne lisce, penne rigate, cornetti; quelli cioè detti di "collaudo" per i quali viene ottimizzato l'intero sistema produttivo.

Il carico delle confezionatrici avverrà mediante elevatori a tazze a “C” e trasportatori a nastro sopraelevati disposti in modo tale che la pasta scaricata da ogni silo possa essere convogliata ad ognuna delle quattro confezionatrici, così da aumentare ulteriormente la flessibilità del sistema. Il reparto di confezionamento sarà completato da un **gruppo di fardellaggio**, composto da fardellatrici dotate di sistema di termoretrazione e fardellatrici-incartonatrici.

La potenzialità deve essere tale da riuscire a coprire quella del gruppo di confezionamento adottato. Avendo installato quattro confezionatrici della velocità massima di 110 battute al minuto (anche se nei calcoli si era assunta, per sicurezza, una potenzialità di 100 batt/min), la potenzialità totale di confezionamento (Q_c) risulta pari a:

$$Q_c = 440 \text{ conf/min.}$$

Tale potenzialità viene aumentata del 5 % per tener conto del rendimento delle fardellatrici e dei tempi morti (cambio delle bobine di materiale termoretraibile, alimentazione cartoni, ecc.). Quindi la potenzialità del gruppo di fardellaggio (Q_f) deve essere pari a:

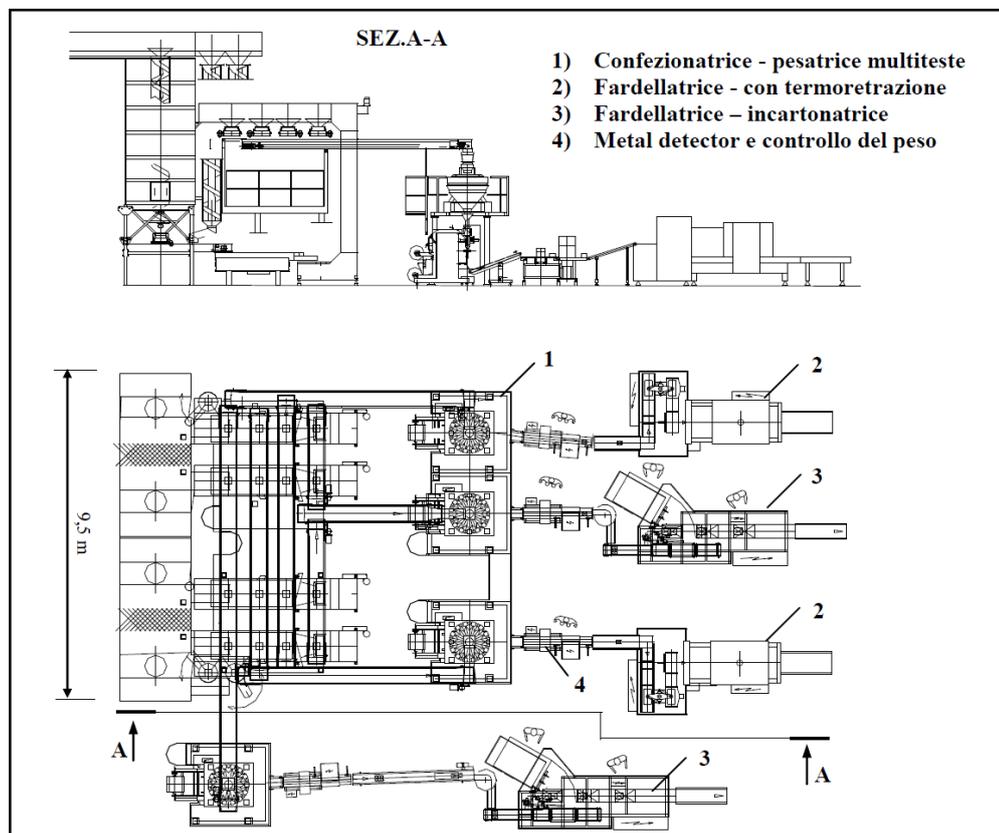
$$Q_f = 465 \text{ conf/min.}$$

Si è pensato di frazionare tale valore su **quattro fardellatrici** da 120 conf/min., facendo sì che ad ogni confezionatrice corrisponda una fardellatrice. Questa scelta è motivata sia dagli eccessivi costi delle fardellatrici più veloci, sia dalla maggior semplicità dei flussi delle confezioni. Per far fronte a tutte le richieste del mercato, le quattro fardellatrici sono state divise in due gruppi:

- uno composto da due fardellatrici-incartonatrici, dotate di sistema nastrante,
- l'altro costituito da due fardellatrici con modulo di termoretrazione.

Il trasporto dei pacchetti di pasta dalle confezionatrici alle fardellatrici sarà effettuato da quattro nastri trasportatori, dotati ciascuno di un sistema per il controllo del peso e di un metal detector.

Figura 84 Vista in pianta e sezione del reparto confezionamento e fardellaggio relativo alle linee di pasta corta e corta tranciata. (Documentazione tecnica Pavan)



7.2.7.4 *Dimensionamento del reparto di confezionamento relativo alla linea di pasta a nido*

Il confezionamento della pasta a nido, a differenza degli altri formati, sarà realizzato 24 ore su 24, perché l'accumulo notturno risulterebbe svantaggioso a causa dei troppi scarti che si formerebbero nel passaggio dei nidi (fragili per struttura) da un piano di accumulo all'altro. Infatti, avendo scelto per l'essiccatoio un sistema di trasporto misto (contenitori-tappeti), anche l'impianto di accumulo dovrebbe essere costituito da una serie di nastri trasportatori sovrapposti, che costringerebbero il prodotto a molte "cadute" dannose alla sua integrità.

Di conseguenza i dati di progetto per il dimensionamento del sistema di confezionamento saranno:

- potenza nominale linea: $P_N = 550 \text{ Kg/h}$
- ore di produzione giornaliera: $N = 24 \text{ ore}$
- ore di confezionamento giornaliero: $n = 24 \text{ ore}$
- peso medio confezioni: $G = 500 \text{ g.}$

Adottando la stessa metodologia di calcolo delle altre linee, ma con la precisazione di considerare un'ora di confezionamento formata da 50 minuti effettivi per tener conto delle fermate più volte menzionate, si sono ottenuti i seguenti risultati:

- produzione nominale giornaliera (P_C) da confezionare in 24 ore: $P_C = 13.200 \text{ Kg}$
- numero di confezioni (C) da realizzare al minuto: $C = 22 \text{ pacc/min.}$

La scelta delle confezionatrici è caduta su una VPM 50 (prodotta dalla Pavan) con pesatrice a 14 teste e con una velocità massima di 45 battute al minuto¹. Il sovradimensionamento, rispetto alla potenzialità effettiva richiesta, è dovuto alla necessità di recuperare eventuali fermate per avarie non previste, avendo deciso, per ragioni economiche, di non installare in questa linea nessuna macchina con funzione di stand-by.

Il caricamento della confezionatrice sarà realizzato mediante un elevatore a tazze ad anello, che preleverà il prodotto all'uscita dell'essiccatoio e lo trasferirà su un nastro trasportatore di alimentazione. A valle della confezionatrice verrà installata una fardellatrice-incartonatrice in grado di fardellare fino a 60 sacchetti al minuto e di inscatolarli dentro 5 cartoni al minuto.

7.2.8 **Impianto sfarinati**

L'impianto sfarinati deve soddisfare tre necessità fondamentali per il pastificio:

1. immagazzinare le materie prime per evitare che eventuali ritardi dei rifornimenti portino a delle fermate non programmate della produzione;
2. mescolare e dosare semole di caratteristiche differenti per ottenere miscele in grado di garantire una determinata qualità del prodotto finito;
3. trasportare gli sfarinati alle presse delle varie linee di produzione.

Tali funzioni sono assolte da tre differenti sezioni dell'impianto e precisamente:

- sezione di stoccaggio,
- sezione di dosaggio,
- sezione di invio sfarinati alle presse.

7.2.8.1 *Sezione di stoccaggio*

Il problema principale è quello di determinare la capacità di stoccaggio dell'impianto. Tale capacità può essere stabilita in base a delle considerazioni riguardanti il mercato siciliano della semola e tenendo nel dovuto conto la possibilità di accaparramento delle materie prime nonché i tempi medi di consegna garantiti dai fornitori.

¹ La velocità è riferita a formati standard confezionati in sacchetti bitubo da 500 grammi.

Nel nostro caso, poiché l'approvvigionamento degli sfarinati avverrà principalmente da un mulino situato a circa 50 km dal pastificio e il trasporto sarà effettuato nei giorni lavorativi mediante autocisterne della capacità di 30 t, utilizzando la vicina rete autostradale, si può ritenere sufficiente una capacità di stoccaggio in grado di sostenere la produzione per almeno tre giorni.

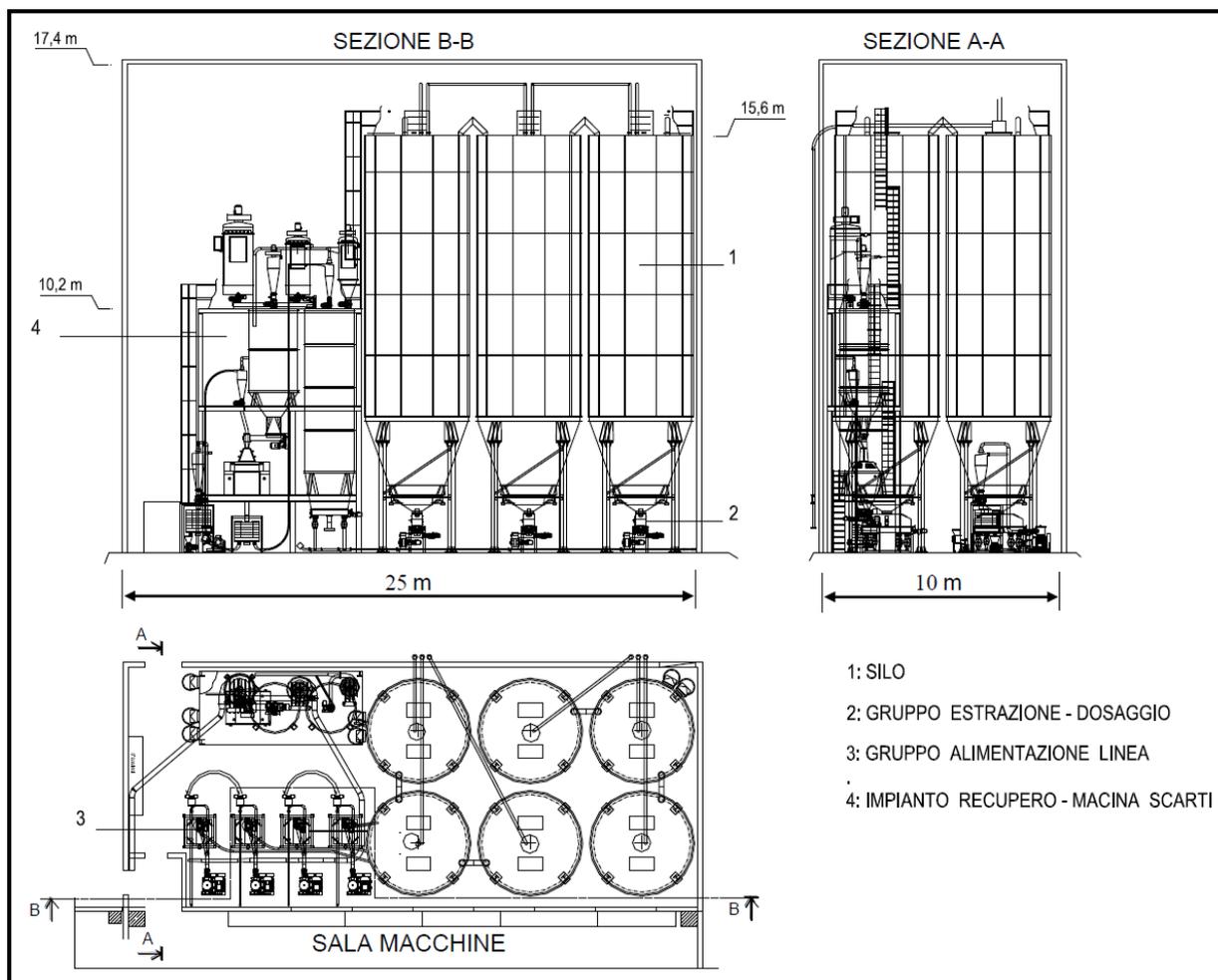
Tabella 32 Portate ponderali di semola richieste dalle linee di produzione

TIPO DI LINEA	PORTATA GIORNALIERA	PORTATA ORARIA
PASTA LUNGA	61 t/giorno	2543 kg/h
PASTA CORTA	78,2 t/giorno	3256 kg/h
PASTA CORTA TRANCIATA	48,8 t/giorno	2034 kg/h
PASTA A NIDO	13,4 t/giorno	560 kg/h
TOTALE	201,4 t/giorno	8393 kg/h

Considerando che la portata oraria di semola, complessivamente richiesta, è di **8393 kg/h** (v. Tabella 32), che le linee di produzione operano 24 ore al giorno e che la semola ha un peso specifico medio di 650 kg/m^3 , risulta necessaria una capacità di stoccaggio di $929,7 \text{ m}^3$. Per soddisfare questa necessità è stata realizzata una sezione di stoccaggio composta da 6 silos, aventi un volume geometrico di 170 m^3 e un volume utile di 160 m^3 , che garantiscono al pastificio un'autonomia teorica di 74 ore.

In realtà si arriva benissimo alle 85 ore di indipendenza dai rifornimenti, in quanto il consumo di semola è inferiore rispetto a quello teorico e ciò è dovuto sia alla varietà dei formati prodotti, sia ai tempi morti che si possono verificare durante il ciclo produttivo: passaggio da un lotto ad un altro, manutenzione non programmata, ecc..

Figura 85 Plant layout della zona sfarinati. (Documentazione tecnica Pizeta)



Si è pensato di frazionare la capacità richiesta su più sili per avere la possibilità di accumulare sfarinati di caratteristiche diverse in modo da realizzare, a seconda delle esigenze, varie miscele. Per evitare l'insorgere di problemi dovuti al contatto con gli agenti atmosferici, i sili e tutto l'impianto sfarinati sono stati posti al coperto in un capannone in acciaio adiacente al pastificio e posizionato a monte delle linee di produzione, come si nota dalla vista in pianta nella Figura 85.

Con riferimento alla Figura 86 si nota che i sili adottati sono costituiti da due elementi in acciaio sovrapposti: un corpo cilindrico di contenimento e una tramoggia di scarico.

Il corpo cilindrico, che ha un'altezza di 10 m e un diametro di 4,2 m, è realizzato con quattro elementi componibili imbullonati tra loro, detti virole, ed è sostenuto da quattro gambe ancorate al pavimento. La tramoggia di scarico è un elemento tronco conico, che ha la funzione di facilitare l'uscita della semola e di raccordare il corpo cilindrico agli elementi di estrazione. Tutte le superfici interne che vengono a contatto con gli sfarinati sono trattate con vernici epossidiche, adatte a prodotti alimentari, mentre le superfici esterne sono colorate con smalto nitro-sintetico anticorrosione.

Le sommità dei sili sono chiuse mediante dei coperchi pedonabili, collegati tra loro per mezzo di passerelle; il tutto è messo in sicurezza da ringhiere perimetrali. Per svolgere le operazioni di ispezione e di manutenzione, gli operatori salgono in cima ai sili grazie a due scalette alla marinara ed entrano nei corpi cilindrici attraverso dei boccaporti realizzati sui coperchi. Per verificare il grado di riempimento ogni silo è dotato di due sonde capacitive di minimo e massimo livello; in più è stata messa una sonda ad ultrasuoni che indica l'esatta percentuale di riempimento.

Il caricamento dei sili deve utilizzare un sistema in grado di sollevare la semola ad un'altezza di oltre 16 metri, facendole compiere un percorso misto verticale-orizzontale che le consente di entrare dall'alto all'interno dei sili. Inoltre il sistema dovrà allo stesso tempo essere il più possibile economico ed affidabile oltre che proteggere la merce trasportata da agenti esterni (batteri, umidità, sporcizia, ecc.), come stabilito dalle norme igieniche.

Per soddisfare a tutte queste esigenze si è adottato un sistema di trasporto di tipo pneumatico in compressione. L'impianto prevede 6 tubazioni, una per ogni silo, in acciaio del diametro nominale pari a 100 mm, dentro le quali viene convogliata la semola proveniente direttamente dalle autocisterne. Le condotte corrono esternamente all'edificio e le loro bocche di carico sono posizionate ad un'altezza di 0,5 m dal suolo, per permettere l'attacco diretto con l'autocisterna.

Essendo a contatto con gli agenti atmosferici, le tubazioni sono protette esternamente con smalti antiossidazione. Il rifornimento avviene collegando la tubazione flessibile dell'autocisterna ad una delle 6 bocche di carico, a seconda del silo che si vuol riempire.

Il compressore a vite, in dotazione alle autocisterne, mette in pressione il serbatoio del mezzo, per permettere alla semola di fuoriuscire con una certa velocità, ed immette nella tubazione di trasporto un flusso d'aria in pressione capace di sollevare e trascinare la semola lungo tutto il percorso fino alla sommità del silo. Qui una testa di ciclone, ossia un elemento di separazione, provvederà a far decantare la semola nel corpo cilindrico del silo ed a convogliare l'aria verso un collettore di aspirazione.

Questo collettore, nel quale confluiscono tutte le condotte di aspirazione provenienti dalle 6 teste di ciclone, conduce l'aria polverosa fino ad un filtro di depurazione. Infatti l'aria, prima di essere immessa in atmosfera, deve essere purificata da quelle particelle di semola che porta ancora in sospensione e che il ciclone non è riuscito a separare per la loro piccola granulometria. Per effettuare questa operazione è stato installato un filtro a maniche autopulente del tipo indicato nella Figura 87 e, a valle di esso, un elettroventilatore centrifugo per l'aspirazione dell'aria.

Si è già visto che la capacità geometrica di un silo ammonta a 170 m^3 e che quella utile, considerando l'angolo di deposito del materiale (angolo di deiezione), è invece di 160 m^3 ; tale capienza permette di contenere fino a 104 tonnellate di semola, avendo quest'ultima un peso specifico apparente pari a 650 kg/m^3 .

Figura 86 Sili di stoccaggio sfarinati. (Documentazione tecnica Pizeta)

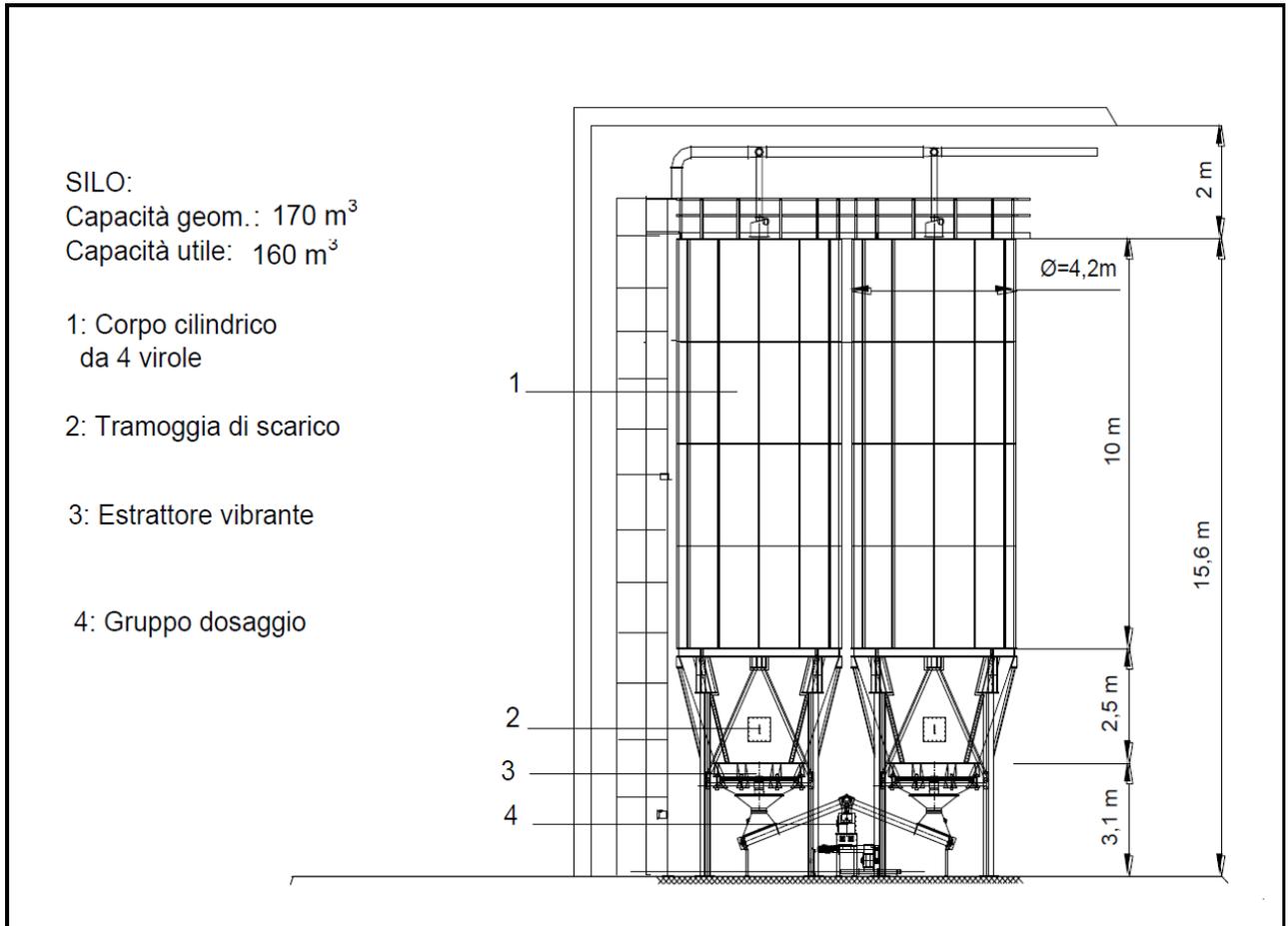
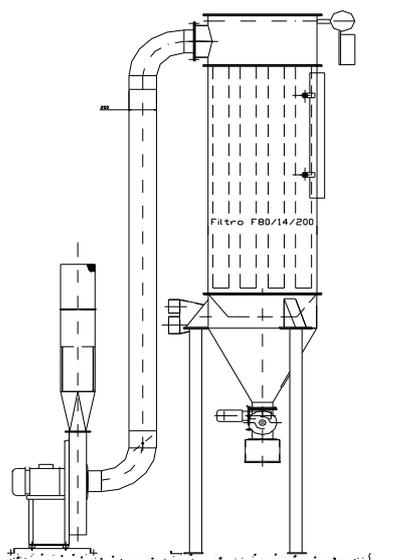


Figura 87 Filtro a maniche autopulente con elettroventilatore centrifugo. (Documentazione tecnica Pavan)



Considerando che, per l'approvvigionamento della semola si utilizzano autocisterne della capacità unitaria di 30 t, risulta evidente che per riempire un silo dovranno essere svuotati quasi 4 automezzi. Solitamente un'autocisterna impiega un'ora per scaricare tutto il suo contenuto, quindi

sono necessarie almeno 3 ore e 30 min. per colmare completamente un silo e ben 21 ore per tutti e sei.

La presenza di più bocche di caricamento e di un largo piazzale antistante permette però di effettuare il rifornimento di più sili contemporaneamente, utilizzando fino a 3 autocisterne e riducendo così i tempi globali di stoccaggio. Per sapere esattamente il quantitativo di sfarinato scaricato, le autocisterne in arrivo passano sopra una pesa che ne rileva il peso lordo; la stessa operazione viene effettuata dopo lo svuotamento e la differenza tra il peso lordo e la tara del mezzo darà esattamente il peso netto della semola che è stata consegnata.

Lo scarico dei sili avviene per gravità con la fuoriuscita del prodotto attraverso la bocca della tramoggia tronco conica. Durante tale fase, però, può insorgere il problema della formazione di superfici dette “catenarie di equilibrio” che, nella migliore delle ipotesi, rendono difficoltoso lo svuotamento completo del silo mentre, nella peggiore, possono provocarne il cedimento strutturale.

Le catenarie di equilibrio sono delle superfici a forma di campana, costituite da tante particelle di semola affiancate, la cui formazione è da addebitare sia alla granulometria del prodotto, sia al peso degli strati di semola sovrastanti che portano i grani ad incunearsi e ad incastrarsi l'uno accanto all'altro. Queste “campane” riescono a sostenere la parte di prodotto superiore in assenza della parte di prodotto inferiore, costituendo così un tappo per lo scarico della semola. Inoltre tutto il peso dello sfarinato si scaricherà, sotto forma di tensioni tangenziali, sulla parete del silo in corrispondenza di tali superfici, creando una condizione di pericolo per la resistenza strutturale dell'elemento stesso.

Per contrastare la formazione di catenarie di equilibrio si adottano comunemente vari sistemi; nel nostro caso è stato scelto l'uso di estrattori a vibrazione in quanto costituiscono la soluzione più razionale nel campo degli sfarinati, accompagnando un'elevata affidabilità ed efficienza ad un costo contenuto.

I sili vengono dotati, quindi, di tramogge di scarico troncoconiche con apertura inferiore flangiata per poter collegare gli estrattori a vibrazione, che, impedendo la formazione di catenarie di equilibrio, permettono uno scarico continuo ed alimentano una coclea usata per convogliare la semola estratta al gruppo di dosaggio.

7.2.8.2 *Sezione di dosaggio*

Una necessità del pastificio è rappresentata dalla possibilità di effettuare miscele di semole differenti, sia per realizzare ricette diverse che per poter utilizzare un'eventuale fornitura di semola con qualità scadente, smistandola con altre di qualità superiore. La sezione di dosaggio è stata progettata, quindi, con l'intento di riuscire a formare miscele partendo da un massimo di tre materie prime. I 6 sili di stoccaggio sono stati suddivisi in 3 coppie, ognuna delle quali può contenere uno sfarinato di caratteristiche differenti. Sotto ad ogni coppia è stato posto un gruppo di dosaggio, che ha il compito di immettere quel tipo di semola nelle 4 condotte di mandata alle presse e di dosarla nella giusta quantità richiesta dalla ricetta di ogni singolo formato di pasta prodotta. Quindi in definitiva con i 3 gruppi di dosaggio installati si possono realizzare contemporaneamente 4 miscele diverse, ciascuna destinata ad una linea, partendo da 3 sfarinati differenti.

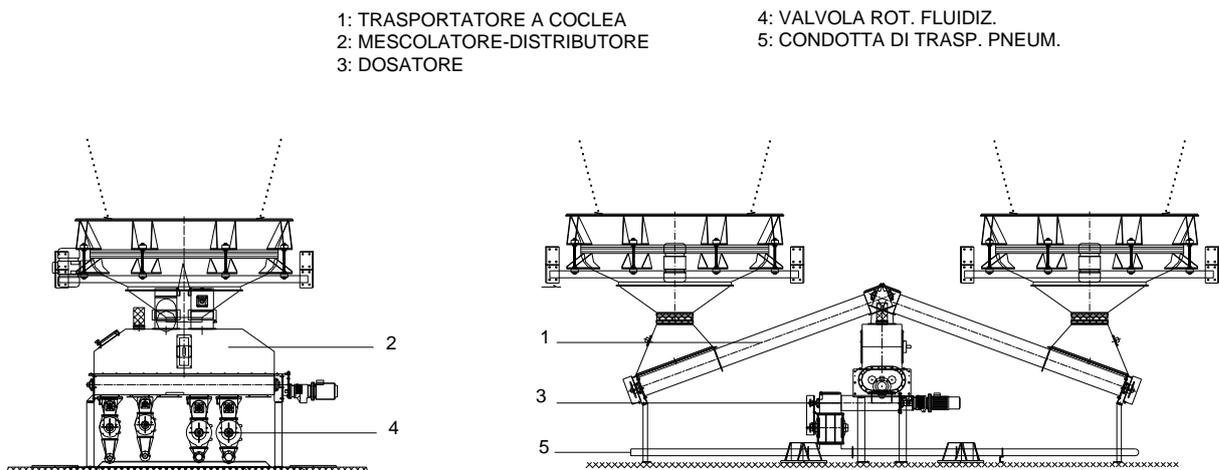
La composizione delle miscele richieste dalle ricette di produzione e tutte le operazioni di stoccaggio, come la verifica della quantità di semola presente nei sili, sono controllate e gestite da computer mediante un sistema integrato a logica programmabile (P.L.C.). Come si rileva dalla Figura 88, ogni gruppo di dosaggio è costituito dai seguenti elementi: due trasportatori a coclea, un mescolatore, quattro dosatori a coclea, quattro valvole stellari.

Per quanto riguarda il procedimento di dosaggio, esso risulta suddiviso in più fasi: la semola, che carica un trasportatore a coclea, fuoriesce grazie all'estrattore vibrante dai due sili sovrastanti ogni gruppo di dosaggio e viene inviata ad un mescolatore; questo viene riempito fino al raggiungimento di un determinato livello mantenuto costante da una sonda capacitiva.

Nel mescolatore un albero con spira a nastro provvede ad omogeneizzare la semola ed a distribuirla alle quattro bocche di scarico, che confluiscono in altrettante coclee di dosaggio: una per ogni linea produttiva.

Il dosaggio della semola è realizzato facendo variare il numero di giri delle coclee tramite un inverter, che agisce sulla frequenza della tensione di alimentazione del motore elettrico di azionamento. Ogni coclea scarica in una valvola stellare, comandata da un altro motoriduttore a giri costanti. Tali valvole consentono di introdurre la semola con continuità nella vena d'aria dell'impianto pneumatico di mandata alle presse.

Figura 88 Vista frontale e laterale di un gruppo di dosaggio sfarinati. (Documentazione tecnica Pizeta)



7.2.8.3 Sezione di invio sfarinati alle presse

La realizzazione di questa sezione nasce dalla necessità primaria di inviare gli sfarinati, opportunamente dosati, alle linee di produzione e dalle necessità secondarie di setacciare le miscele e di creare paste speciali. Tali necessità sono state soddisfatte progettando:

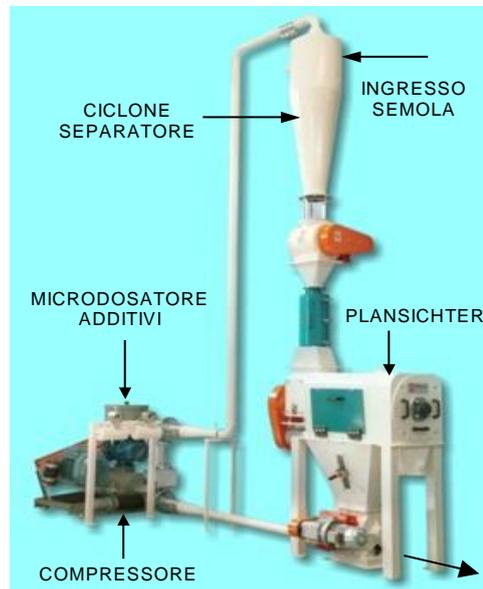
- quattro sistemi pneumatici misti, tra loro indipendenti, per trasportare le miscele di semola dai 3 gruppi di dosaggio alle 4 presse;
- quattro plansichter (buratti piani) per setacciare e ripulire la semola da grumi e da corpi estranei;
- quattro dosatori carrellati per aggiungere alle miscele di semola particolari ingredienti alimentari.

Ogni sistema pneumatico misto è composto da una condotta di mandata in depressione e da una in compressione, intervallate da un compressore volumetrico aspirante-premente inserito in derivazione su un separatore. L'azionamento del compressore ad aspi rotanti crea la depressione necessaria ad aspirare l'aria dalla bocca della condotta di mandata. La semola, che viene scaricata direttamente in vena d'aria tramite le valvole stellari dei 3 gruppi dosatori, è aspirata fino al ciclone separatore dove prima viene separata dall'aria e poi inserita, tramite una valvola stellare, nel sottostante plansichter.

La separazione è ottenuta sia grazie alla riduzione di velocità del mezzo fluido sia all'effetto centrifugo sulle particelle. Infatti le particelle di semola, che entrano nel ciclone, sono costrette a descrivere delle traiettorie circolari e, quindi, sono soggette ad una forza centrifuga che le fa sbattere e strisciare lungo la parete interna, provocandone la caduta sul fondo del dispositivo. L'aria esce dal ciclone separatore quasi completamente priva di semola e, dopo aver compiuto un percorso costituito da tratti orizzontali e verticali, entra nel compressore volumetrico rotativo dove viene compressa e spinta nella condotta di mandata alla linea di produzione. Anche la semola, dopo esser stata setacciata dal plansichter, viene reinserita tramite una valvola stellare nella condotta di

mandata e qui, ritrovando un flusso d'aria stavolta in compressione, viene spinta fino alla pressa. Nella Figura 89 è rappresentato il gruppo di elementi che realizzano le operazioni appena descritte.

Figura 89 Gruppo di invio, pulizia e microdosaggio della semola. (Documentazione commerciale Pizeta)



Nella condotta in pressione l'aria aumenta la sua densità e l'umidità contenuta può condensare e bagnare la semola, cosa che provoca difficoltà di scorrimento o intasamenti. Per evitare ciò la tubazione viene riscaldata mediante una camicia contenente acqua calda. Inoltre il riscaldamento della tubazione evita la condensazione dell'aria ambiente a contatto con il metallo e il conseguente gocciolamento.

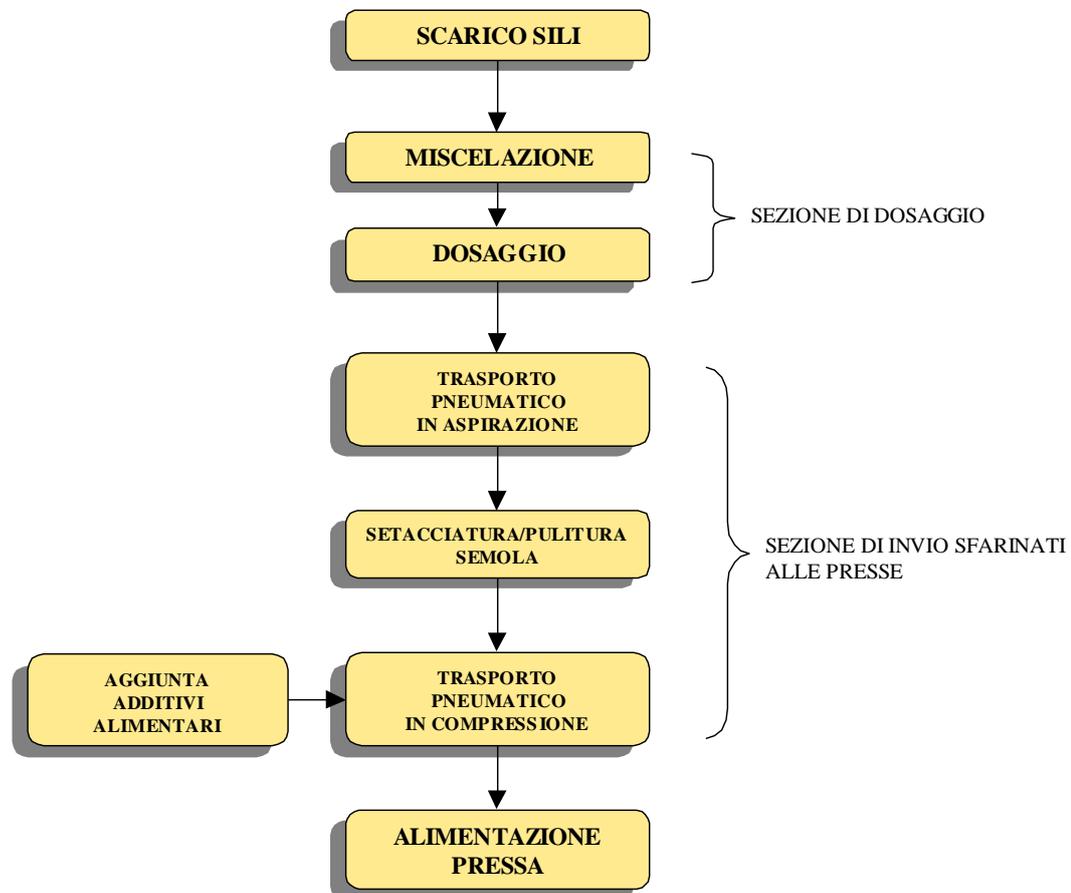
Il sistema di pulizia della miscela è realizzato, come abbiamo visto, mediante plansichter, ossia buratti piani. Questa apparecchiatura è essenzialmente costituita da quattro setacci sovrapposti che, vibrando, fanno passare solo la semola di granulometria inferiore alla larghezza delle loro maglie, trattenendo eventuali grumi e corpi estranei di dimensioni maggiori, che vengono raccolti ed estratti mediante un dispositivo di pulitura automatico.

Per far fronte alle richieste del mercato di paste speciali, in ogni linea di trasporto pneumatico è stata prevista la possibilità di inserire un microdosatore carrellato. Le paste speciali sono ottenute aggiungendo alla miscela di semola degli ingredienti alimentari in polvere in una percentuale non superiore al 3%. Tali ingredienti variano a seconda dei gusti dei consumatori che a loro volta dipendono da molteplici fattori tra cui le tradizioni locali, la moda e ragioni salutistiche.

In un pastificio gli ingredienti aggiuntivi in polvere più utilizzati sono: il pomodoro, l'uovo, gli spinaci, il peperoncino e, tra le vitamine, il beta-carotene in una percentuale che non può superare lo 0,1%. Gli ingredienti vengono aggiunti alla semola dal microdosatore che, posizionato a valle del compressore, li inserisce nella vena d'aria compressa della condotta di mandata alla linea di produzione.

Il microdosatore è essenzialmente costituito da una tramoggia di carico con griglia rompiscacco e da una coclea di dosaggio azionata da un motore elettrico a giri variabili mediante inverter; per riuscire a spostarlo con facilità è anche munito di un carrello. Il diagramma di flusso, realizzato nella Figura 90, schematizza le operazioni di alimentazione delle linee produttive.

Figura 90 Diagramma “a blocchi” delle operazioni per l'alimentazione delle linee produttive



7.2.8.3.1 Dimensionamento dell'impianto pneumatico misto di trasporto semola

Il dimensionamento viene condotto con riferimento all'impianto di trasporto pneumatico della semola alla linea di produzione della **pasta lunga**, come si vede dallo schema unifilare riportato in Figura 91, in quanto i dimensionamenti degli altri tre impianti di alimentazione linee sono del tutto analoghi.

7.2.8.3.1.1 Dati di progetto:

- materiale trasportato: **semola**,
- peso specifico di mucchio: $\gamma = 650 \text{ kg/m}^3$,
- potenzialità teorica: $S_1 = 2543 \text{ kg/m}^3$,
- sovradimensionamento (i) dovuto solo all'intermittenza di invio della semola: $i = 8 \% ^1$,
- potenzialità effettiva di progetto: $Q = S_1 \cdot 1,08 = 2750 \text{ kg/m}^3$,
- lunghezza delle condotte:
 - tratto in aspirazione, dalla bocca al ciclone: orizzontale 30 m, verticale 4 m

¹ Valore determinato dall'esperienza Pavan. Gli scarti di semola lungo l'impianto sono trascurabili.

- tratto in aspirazione, dal ciclone al compressore: orizzontale 2.5m, verticale 5 m;
- tratto in compressione, dal compressore alla valvola stellare: orizzontale 4m;
- tratto in compressione, dalla valvola alla pressa: orizzontale 22m, verticale 8 m.

7.2.8.3.1.2 *Velocità dell'aria e rapporto di miscela*

Per il dimensionamento si devono determinare la velocità dell'aria di trasporto v_{th} e il rapporto di miscela r , ossia il volume d'aria necessario al trasporto dell'unità di peso di semola. La velocità dell'aria deve essere superiore al valore minimo di 17 m/s, per evitare che la semola si depositi lungo le tubazioni. Visto che nella pratica vengono adottate velocità comprese tra 25-31 m/s, se ne considera il valore teorico medio $v_{th} = 28 \text{ m/s}$ e si ipotizza che tale velocità sia costante lungo tutte le tubazioni. Per quanto riguarda il rapporto di miscela, si stima che sia necessario 1 m^3 d'aria per trasportare $5,5 \text{ kg}$ di semola, quindi $r = 0,18 \text{ m}^3/\text{kg}$.

7.2.8.3.1.3 *Portata volumetrica d'aria*

La portata volumetrica d'aria A necessaria al trasporto della semola è $A = Q \cdot r = 500 \text{ m}^3/\text{h} = 0,139 \text{ m}^3/\text{s}$.

7.2.8.3.1.4 *Diametro dei condotti*

Noti i parametri A e v_{th} si ricavano la sezione e il diametro teorico di passaggio, secondo le relazioni seguenti:

$$S_{th} = A/v_{th} = 4,96 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$D_{th} = \sqrt{\frac{4 \cdot S_{th}}{\pi}} = 0,079 \text{ m} = 79 \text{ mm}.$$

Bisogna ora scegliere un diametro unificato. Le due alternative più prossime sono $D = 78 \text{ mm}$ e $D = 90 \text{ mm}$; conviene scegliere il diametro più piccolo per avere una velocità maggiore e quindi un minor rischio di sedimentazione anche se ciò comporta un leggero aumento delle perdite di carico. Assunto $D = 78 \text{ mm}$, ne risulta la sezione utile di passaggio pari a $S = 4,53 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$, a cui corrisponde una velocità dell'aria effettiva nelle condotte pari a $v = A / S = 30,7 \text{ m/s}$.

- Perdita all'imbocco: $h_{2a} = 3 h_{1a}$, $h_{2a} = 174 \text{ mm.c.a.}$
- Perdita continua per attrito lungo i condotti: $h'_{3a} = 8,12 \cdot 10^{-4} \gamma_a^{0,852} \cdot \frac{v^{1,924}}{D^{1,281}} \cdot L = 747 \text{ mm.c.a./m}$, avendo indicato con L la lunghezza totale del tratto aspirante pari a $41,5 \text{ m}$.
- Perdita per il dislivello $H = 9 \text{ m}$ da superare: $h_{4a} = H \cdot \gamma_a = 11 \text{ mm.c.a.}$
- Perdite dovute a resistenze accidentali (curve, deviazioni, riduzioni di diametro ecc.) espresse in lunghezze di tubo equivalente.

Il procedimento è quello di sostituire ad una perdita localizzata una perdita continua, considerando un tratto di tubazione rettilinea equivalente. Ogni tubazione d'aspirazione presenta 4 curve ad ampio raggio di curvatura R e di angolo $\alpha = 90^\circ$. Essendo $R = 800 \text{ mm}$ e $R > 10 D$ le perdite in corrispondenza alle 4 curve sono trascurabili.

Inoltre si hanno $n = 2$ curve a gomito di angolo $\alpha = 90^\circ$ e di raggio $r = 3 \cdot D$. La lunghezza equivalente ad ogni curva è $L_e = 10 \cdot D$. Si perviene ai seguenti risultati:

$$L'_e = L_e \cdot n \quad L'_e = 10 \cdot D \cdot 2 = 1,6 \text{ m}$$

$$h_{5a} = L'_e \cdot h'_{3a} = 29 \text{ mm.c.a.}$$

- Perdita localizzata all'ingresso del ciclone separatore.
Il ciclone ha un diametro $d = 400 \text{ mm}$, e la perdita h_{6a} espressa anche qui mediante una lunghezza equivalente $L_e = 45 \cdot D$ è:
 $h_{6a} = L_e \cdot h'_{3a} = 63 \text{ mm.c.a.}$

- Perdita localizzata all'interno del ciclone separatore.
Dalla tabella fornita dalla casa costruttrice si ottiene direttamente la perdita di carico in funzione della portata d'aria A, ($A = 500 \text{ m}^3/\text{h} = 0,139 \text{ m}^3/\text{s}$): $h_{7a} = 56 \text{ mm.c.a.}$
- Perdite di carico totali in aspirazione dovute all'aria $H_{a,a}$:
 $H_{a,a} = h_{1a} + h_{2a} + h_{3a} + h_{4a} + h_{5a} + h_{6a} + h_{7a}$
 $H_{a,a} = 1138 \text{ mm.c.a.}$

❖ Perdite di carico dovute alla semola trasportata nel tratto in aspirazione.

- Perdita per movimentare il materiale: $h_{1s} = \frac{Q \cdot v^2}{A \cdot 2g} = 256 \text{ mm.c.a.}$ Avendo indicato con:
 - $v =$ velocità dell'aria ipotizzata uguale alla velocità del materiale
 - $Q = 2750 \text{ kg/h} = 0,76 \text{ kg/s}$
 - $A = 0,139 \text{ m}^3/\text{s}$
- Perdita continua per attrito dovuta al moto della semola lungo i condotti:
la si può ricavare da una formula empirica la seguente formula:
 $h'_{2s} = \frac{Q}{A} \cdot \text{tg}\varphi \cdot c \cdot L = 26 \text{ mm.c.a.}$, avendo indicato con:
 - $\varphi = 35^\circ$ angolo di attrito della semola contro le pareti in acciaio delle tubazioni
 - $c = 0,2$ coefficiente minorativo che tiene conto che non tutto il materiale striscia
 - $L = 34 \text{ m}$ la lunghezza totale del tratto aspirante, interessato al trasporto di semola.
- Perdita dovuta al dislivello $H = 4 \text{ m}$: $h_{3s} = \frac{Q}{A} \cdot H = 22 \text{ mm.c.a.}$
- Perdite accidentali trascurabili.
- Perdite di carico totali in aspirazione dovute alla presenza della semola $H_{a,s} = h_{1s} + h_{2s} + h_{3s} = 313 \text{ mm.c.a.}$

Facendo la somma delle perdite totali nel tratto in aspirazione, si ottiene la depressione H_a che il compressore aspirante-premente deve fornire: $H_a = H_{a,a} + H_{a,s} = 1451 \text{ mm.c.a.}$

❖ Perdite di carico nel funzionamento a vuoto nel tratto in compressione.

- Perdita per imprimere all'aria la velocità v (pressione dinamica): $h_{1a} = \gamma_a \frac{v^2}{2g} = 58 \text{ mm.c.a.}$,
avendo indicato con:
 - $\gamma_a = 1,2 \text{ kg/m}^3$ peso specifico dell'aria
 - $v = 30,7 \text{ m/s}$
 - $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ accelerazione di gravità
- Perdita all'imbocco: $h_{2a} = 4 h_{1a} = 232, \text{ mm.c.a.}$
- Perdita continua per attrito lungo i condotti: $h'_{3a} = 8,12 \cdot 10^{-4} \gamma_a^{0,852} \cdot \frac{v^{1,924}}{D^{1,281}} = 18 \text{ mm.c.a./m}$, mentre
la perdita continua relativa a tutta la lunghezza della tubazione è: $h_{3a} = h'_{3a} \cdot L = 612 \text{ mm.c.a.}$,
dove L è la lunghezza totale del tratto in compressione $L = 38 \text{ m}$.
- Perdita per il dislivello $H = 8 \text{ m}$ da superare: $h_{4a} = H \cdot \gamma_a = 10 \text{ mm.c.a.}$
- Perdite dovute a resistenze accidentali:

Si segue il procedimento già visto nel tratto in aspirazione. Ogni tubazione in compressione presenta 2 curve ad ampio raggio di curvatura R e di angolo $\alpha = 90^\circ$. Essendo $R = 800 \text{ mm}$ e $R > 10 D$, le perdite in corrispondenza alle 2 curve sono trascurabili. Inoltre si hanno $n = 2$ curve



a gomito di angolo $\alpha = 90^\circ$ e di raggio $r = 3 \cdot D$. La lunghezza equivalente ad ogni curva è $L_e = 10 D$, per cui in definitiva si ottengono i seguenti risultati:

$$L'_e = L_e \cdot n \quad L'_e = 10 \cdot D \cdot 2 = 1,6 \text{ m}$$

$$h_{5a} = L'_e \cdot h'_{3a} = 29 \text{ mm.c.a.}$$

- Perdita localizzata all'ingresso del ciclone separatore posto sopra la pressa.
Il ciclone avendo lo stesso diametro di quello analizzato nel tratto in aspirazione $d = 400 \text{ mm}$, offre le stesse perdite di carico: $L_e = 45 \cdot D$, $h_{6a} = L_e \cdot h'_{3a} = 63 \text{ mm.c.a.}$
- Perdita localizzata all'interno del ciclone separatore posto sopra la pressa.
Dalla tabella fornita dalla casa costruttrice si ottiene direttamente la perdita di carico in funzione della portata d'aria A , ($A = 500 \text{ m}^3/\text{h} = 0,139 \text{ m}^3/\text{s}$): $h_{7a} = 56 \text{ mm.c.a.}$
- Perdite di carico totali in compressione dovute all'aria $H_{c,a} = h_{1a} + h_{2a} + h_{3a} + h_{4a} + h_{5a} + h_{6a} + h_{7a} = 1060 \text{ mm.c.a.}$

❖ Perdite di carico dovute alla semola trasportata nel tratto in compressione.

- Perdita per movimentare la semola: $h_{1s} = \frac{Q \cdot v^2}{A \cdot 2g} = 256 \text{ mm.c.a.}$, avendo indicato con:
 - $v =$ velocità dell'aria ipotizzata uguale alla velocità del materiale
 - $Q = 2750 \text{ kg/h} = 0,76 \text{ kg/s}$
 - $A = 0,139 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Perdita continua per attrito dovuta al moto della semola lungo i condotti: $h'_{2s} = \frac{Q}{A} \cdot \text{tg}\varphi \cdot c \cdot L = 23 \text{ mm.c.a./m}$, avendo indicato con:
 - $\varphi = 35^\circ$ angolo di attrito della semola contro le pareti in acciaio delle tubazioni
 - $c = 0,2$ coefficiente minorativo che tiene conto che non tutto il materiale striscia
 - $L = 30\text{m}$ la lunghezza totale del tratto in compressione, interessato al trasporto di semola.
- Perdita dovuta al dislivello $H = 8\text{m}$: $h_{3s} = \frac{Q}{A} \cdot H = 44 \text{ mm.c.a.}$
- Perdite accidentali trascurabili.
- Perdite di carico totali in compressione dovute alla presenza della semola $H_{c,s} = h_{1s} + h_{2s} + h_{3s} = 332 \text{ mm.c.a.}$

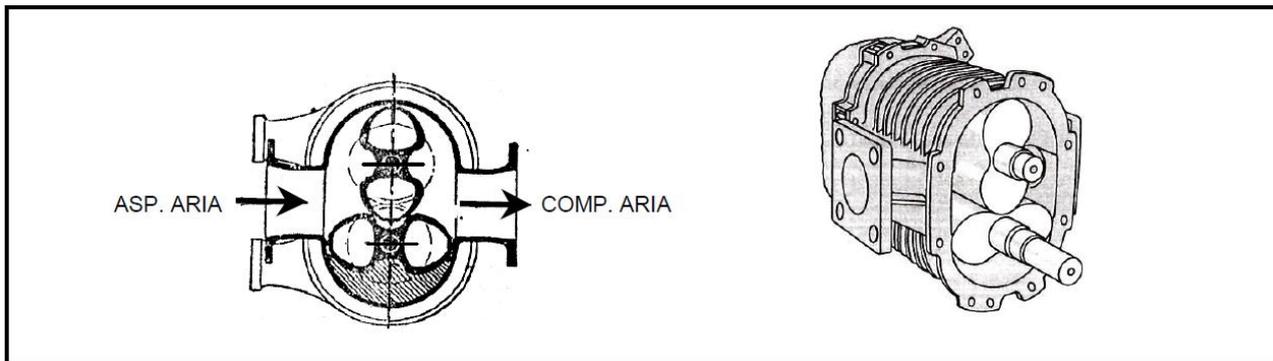
Facendo la somma delle perdite totali nel tratto premente si ottiene la compressione H_c che il compressore aspirante-premente deve fornire: $H_c = H_{c,a} + H_{c,s} = 1392 \text{ mm.c.a.}$

In conclusione, per vincere le perdite di carico H_a nel tratto in aspirazione, il compressore deve realizzare una depressione pari a: $H_a = 1451 \text{ mm.c.a.}$, mentre, per vincere le perdite di carico H_c nel tratto in compressione, la macchina deve realizzare una compressione pari a $H_c = 1392 \text{ mm.c.a.}$

Entrambe vengono maggiorate del 40% per vincere eventuali ostruzioni derivanti da intasamenti di semola che si potrebbero formare. Quindi in aspirazione: $H'_a = 2031 \text{ mm.c.a.}$ e in mandata: $H'_c = 1949 \text{ mm.c.a.}$ Sommando le due perdite di carico, si ottiene la prevalenza del compressore $H_t = 3980 \text{ mm.c.a.}$

È stato scelto un compressore volumetrico aspirante-premente del tipo rappresentato in Figura 92.

Figura 92 Compressore ad aspi rotanti



7.2.8.3.1.5 Determinazione della potenza del compressore e del motore elettrico

Considerato che la prevalenza è inferiore a 0,6 bar, l'aria può essere considerata come un fluido incomprimibile; quindi la potenza utile P_c , espressa in kW, che deve essere fornita all'albero del compressore, può essere calcolata mediante la seguente formula:

$$P_c = \frac{H_t \cdot A \cdot g}{1000 \cdot \eta_c} = 9 \text{ kW}$$

Avendo indicato con:

- $H_t = 4000 \text{ mm.c.a.}$ prevalenza del compressore aspirante-premente
- $A = 0,139 \text{ m}^3/\text{s}$ portata volumetrica d'aria
- $\eta_c = \eta_m \cdot \eta_v = 0,6$ rendimento del compressore
- $\eta_m = 0,7$ rendimento meccanico del compressore
- $\eta_v = 0,85$ rendimento volumetrico

La potenza, che viene richiesta al motore elettrico, è maggiore rispetto a quella che deve essere fornita all'albero del compressore per tener conto del rendimento di trasmissione η_t e di quello del motore elettrico η . La trasmissione del moto è effettuata mediante cinghia, quindi assumiamo $\eta_t = 0,9$. Viene utilizzato un motore elettrico asincrono trifase a due poli con $\eta = 0,9$. La potenza P , fornita dal motore, risulta allora:

$$P = \frac{P_c}{\eta_t \cdot \eta} = 11 \text{ kW.}$$

Inoltre, per ottenere il massimo rendimento e per avere dei margini di riserva, il motore elettrico viene fatto funzionare a $\frac{3}{4}$ della sua potenza nominale P_n , per cui in definitiva si ottiene:

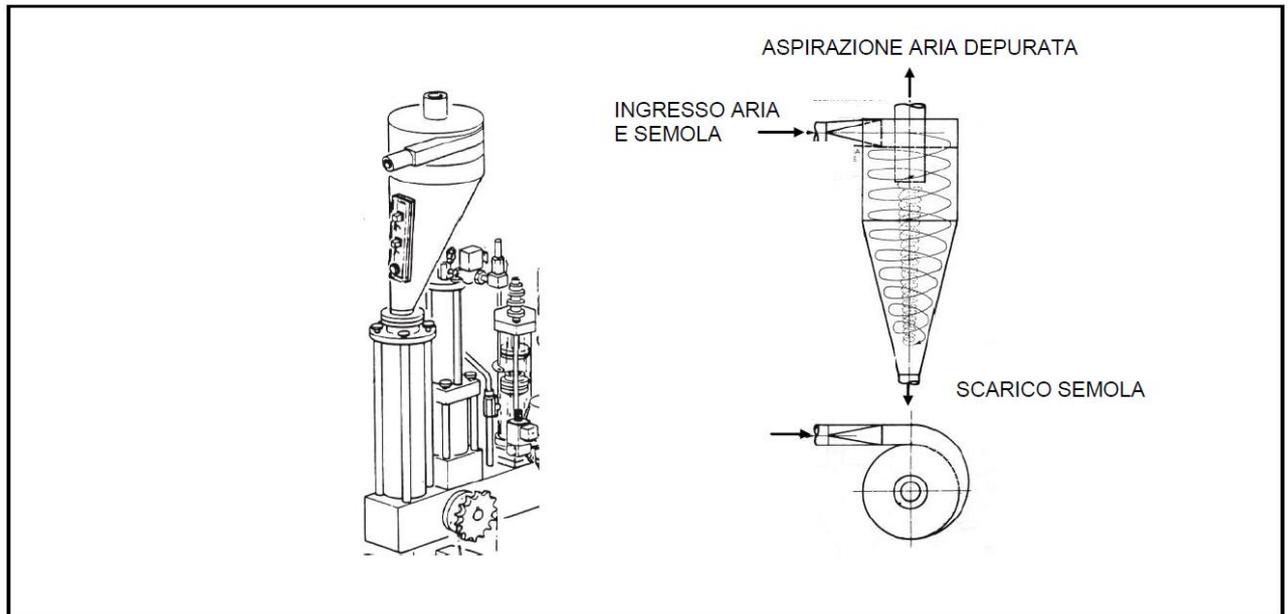
$$P_n = \frac{4}{3} \cdot P = 15 \text{ kW.}$$

7.2.8.4 Sezione di aspirazione dalle presse

Sempre all'interno dell'impianto sfarinati è stata realizzata una sezione destinata ad aspirare l'aria utilizzata come mezzo di trasporto delle miscele di semola alle presse. L'aria e la semola, una volta giunte alla pressa, sono divise da un ciclone separatore posizionato sulla sommità della macchina, come si vede dalla Figura 93.

La semola viene inserita nella pressa, mentre l'aria polverosa è captata da una tubazione. Poiché ciò si verifica in tutte le presse, avremo 4 tubazioni di captazione uscenti dai cicloni di separazione e confluenti in un unico collettore. Nelle tubazioni viene creata una depressione tramite un elettroventilatore che aspira l'aria e la immette in atmosfera. Per evitare l'espulsione di aria che presenta una certa quantità di polveri di semola, la si depura facendola passare attraverso un filtro a maniche, sistemato a monte dell'elettroventilatore.

Figura 93 Ciclone separatore sulla pressa. (Documentazione tecnica Pavan)



Questo è dimensionato in modo da aspirare una portata d'aria pari alla somma delle portate che giungono alle presse; se però uno o più dei 4 compressori di mandata è fermo per qualsivoglia motivo, la portata d'aria in ingresso nei cicloni delle presse è minore rispetto a quella richiesta dall'elettroventilatore, creando una depressione nei cicloni delle presse in funzione tale da aspirare anche la semola ivi contenuta. Per evitare questo problema è stata inserita una valvola pneumatica, in coda al collettore di aspirazione, che si apre automaticamente quando non tutti i compressori sono attivi, facendo così entrare l'aria necessaria a ristabilire l'equilibrio delle portate.

7.2.9 Visione d'insieme del pastificio

I sistemi produttivi, dimensionati e descritti nei paragrafi precedenti, sono posizionati nello stabilimento secondo lo schema riportato nella Figura 94, dove vengono evidenziati anche gli impianti ausiliari ed i servizi generali che comprendono: il locale lavatrafale, quello delle pompe del vuoto, la centrale termica, il locale compressori aria e impianto raffreddamento acqua, il quadro elettrico comando generale, l'officina e il deposito ricambi, il laboratorio analisi.

I servizi e gli spogliatoi del personale saranno posti nella zona uffici, mentre nell'area, chiamata magazzino prodotto finito, troverà luogo anche il deposito imballaggi (pallet, cartoni, materiali sintetici).

Si è stimato che l'area coperta possa occupare **5250 m²**, così ripartiti:

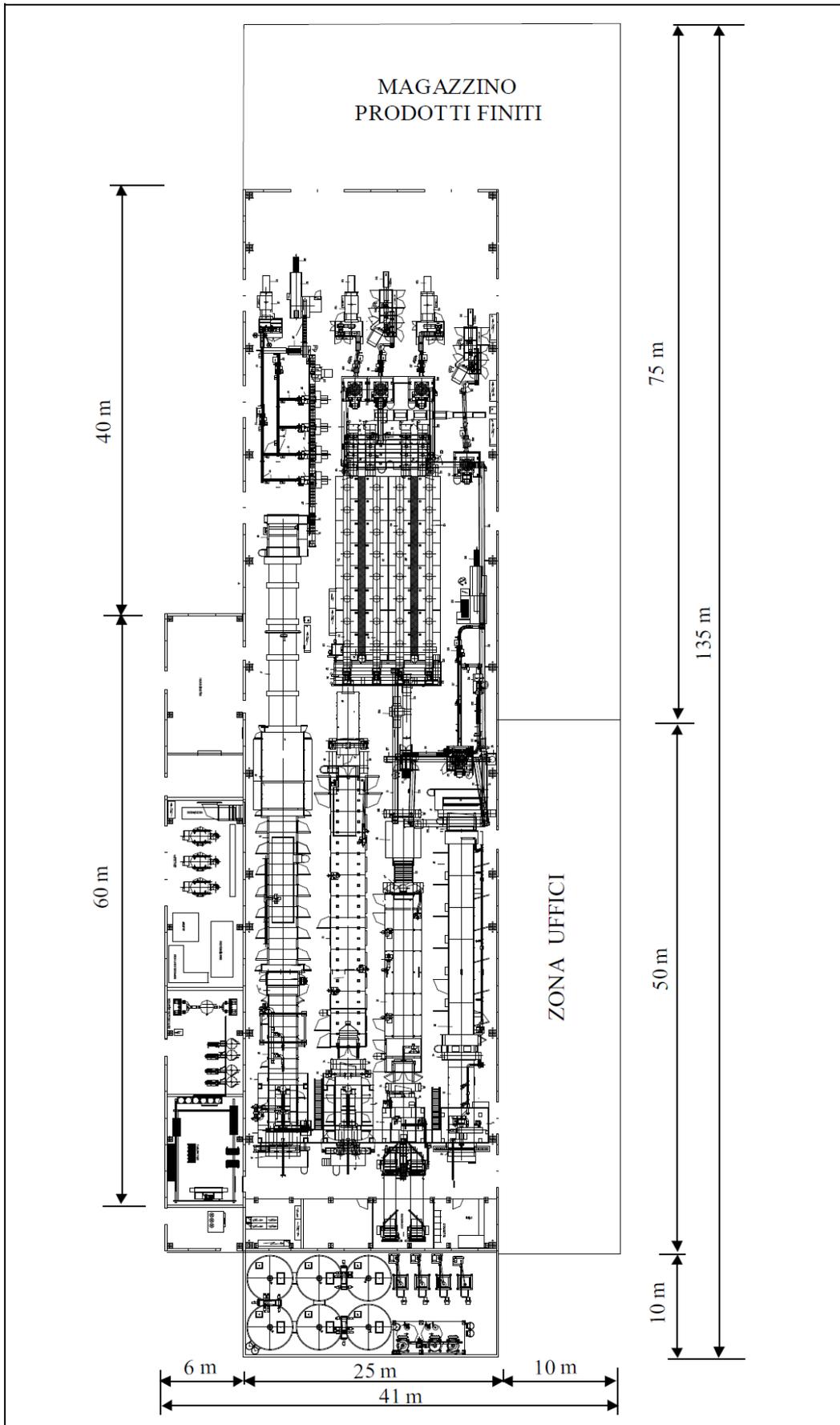
- capannone di 4500 m², comprendente la zona di produzione, confezionamento e stoccaggio della pasta e la zona impianti ausiliari e servizi generali;
- fabbricato di 250 m² per lo stoccaggio delle materie prime;
- uffici amministrativi di 500 m².

Il pastificio avrà una zona scoperta di 35.500 m², così suddivisa:

- piazzale per lo scarico e il carico delle merci di 25.500 m²;
- zona di 10.000 m² per disimpegno (parcheggio, camminamenti, zone verdi, ecc.).

Il complesso immobiliare sorgerà perciò su un'area totale di 40.750 m².

Figura 94 Plant layout complessivo del pastificio. (Documentazione tecnica Pavan)





7.2.10 Bibliografia

- [1] **N. Romano** *Le ore della pasta*, Ed. Achantus -1987
- [2] **M. Mondelli** “*Antico e vero come la pasta. Ricerca ragionata delle fonti storiche e documentali*”, Pasta & Pastain° 13 – 16, Ed. Nuova Editrice S.r.l.-Parma, 1998
- [3] Autori vari: “*La Pasta-Storia, tecnologia e segreti della tradizione italiana*”, Ed. Barilla Alimentare S.p.A. - 2000
- [4] Uff. Imm. e Comun. Pavan S.p.A “*Focus on,*”- Ed Pavan S.p.A - Padova,1999,,
- [5] **USDA’ S Food Guide Pyramid**, USDA’ S Human Nutrition Information Service, April 1992
- [6] **E. Carnevale, C. Marletta** *Tabelle di composizione degli alimenti*, I.N.N.-Roma,1997
- [7] **Brand** *Low glycemic recipes and tables of glycemic index of foods* University of Sidney Nutrition Research Foundation, Sidney 1990
- [8] **G. Mondelli** “*Il mercato internazionale delle paste alimentari e delle macchine per la loro produzione*”- Tecnica Molitoria- Ed. Chiriotti Editori -Pinerolo,novembre1992
- [9] **UN. I. P. I.** *Annuario generale dell’industria della pastificazione in Italia 2001* Ed. UN. I. P. I. (Unione Industriali Pastai Italiani) - 2001
- [10] **C. Cantarelli** *Evoluzione tecnologica della produzione pastaria*, Università degli Studi di Milano-1990
- [11] **M. Viler** *Analisi ed interventi di ottimizzazione sul processo produttivo e sui costi energetici di un’industria della pasta alimentare* Elaborato di Laurea - Trieste,1996
- [12] **L. Milatovich**, *La tecnologia della pasta alimentare* G. Mondelli Ed. Chiriotti Editori -Pinerolo1990
- [13] **P. Feillet** *L’industrie des pates alimentaires, technologiesde fabrication, qualité des produits finis et des matièrespremieres*, Industries Alimentaires et Agro-Industrielles - octobre 1986
- [14] **Autori vari** *La Tecnologia delle paste alimentari*, Bollettino Tecnico della Pavan-Mapimpianti S.p.A.- Padova, 1998
- [15] **G. Mondelli** “*La Pasta è servita!*”- Tecnologie Alimentarin° 1 - Ed. Tecniche Nuove-Milano,1995
- [16] **Rivista** *Pasta & Pastai n° 15* Ed. Nuova Editrice S.r.l. - Parma, 1998, pagg. 12-16
- [17] **Rivista** “*Pasta mia, fresca o secca che tu sia*” Pasta & Pastain° 12, Ed. Nuova Editrice S.r.l., Parma, febbraio 1998
- [18] **G. Mondelli** Studio “*Essiccazione della pasta. Tecnologia in formato semplice*”, Professional Pasta n° 11-12, Ed. Nuova Editrice S.r.l., Parma,sett.- dic. 2000
- [19] **G. Dalbon** “*Fattori che influiscono sulle caratteristiche di cottura delle paste alimentari e possibilità di migliorarne le qualità con opportune tecnologie*”-Tecnica Molitoria - Ed. Chiriotti Editori -Pinerolo,agosto1983
- [20] **E.J. Dexter, R.R. Matsuo, C.B. Morgan** *Effects of processing conditions and cooking time on Riboflavin, Thiamine and Niacinlevels in enriched “spaghetti”* Association Internationale Chemie Céréalière 1982

- [21] **Autori vari** *La Tecnologia THT nella moderna pastificazione industriale*, Bollettino Tecnico della Pavan - Mapimpianti S.p.A., Padova,1994
- [22] **J. L. Ollivier** *Essiccamento della pasta ad altissima temperatura: una realtà*, Nantes (Francia),1993
- [23] **R. Cubadda** *Influenza dei processi tecnologici d'essiccamento sulle qualità organolettiche e nutrizionali della pasta alimentare*, Istituto Nazionale Della Nutrizione- Roma,1987
- [24] **M. R. Cavana**, “*Le prestazioni delle paste alimentari come criterio di G. Santoprete valutazione della loro qualità*”- Tecnica Molitoria – Ed. Chiriotti Editori-Pinerolo, agosto1983
- [25] **R. Pagano**“*Analisi di qualità e confronto tra diversi tipi di pasta alimentare*”- Tecnica Molitoria - Ed. Chiriotti Editori -Pinerolo,ottobre1990
- [26] **A. Alary, J. Abecassis, K. Kobrehel, P. Feillet**: *Influenza dell'acqua di cottura e del suo PH sulle caratteristiche della pasta alimentare*”-Tecnica Molitoria – Ed. Chiriotti Editori -Pinerolo,1980
- [27] **B. Godon - W. Loisel** *Guide pratique d'analyses dans les industries des céréales, collection sciences et techniques agroalimentaires* Ed. Lavoisier Tec. edDoc. - 1997 pagg. 254-255, 761-778
- [28] **G. Haerberli** *Le Blé Dur*, Ed. Buhler Miag - 1986
- [29] **Autori vari** *Il moderno pastificio* Bollettino Tecnico della Pavan - Mapimpianti S.p.A. Padova,1993
- [30] **Autori vari** *Automazione ed ottimizzazione dei processi produttivi per la pasta essiccata* Bollettino Tecnico della Pavan - Mapimpianti S.p.A. Padova,1993
- [31] **G. Mondelli** Studio “*Produzione industriale della pasta secca: impianti di stoccaggio*”- Professional Pastan° 7 - Ed. Nuova Editrice S.r.l., Parma,1997
- [32] **L. Lirici** *Tecnica molitorian*° 3 Ed. Chiriotti Editori, Pinerolo,1997

7.3 **Realizzazione della centrale frigorifera a servizio dell'impianto di raffrescamento dell'edificio "D" - Facoltà di Economia e Commercio. Università di Trieste - P.le Europa, 1. - Progetto Esecutivo - Relazione Tecnica - Dicembre 1998**

7.3.1 **Premessa**

Il progetto di cui trattasi si riferisce ad un'opera di completamento di un complesso sistema di climatizzazione a suo tempo asservito al corpo edilizio in epigrafe, originariamente strutturato per il servizio invernale, alimentato mediante teleriscaldamento dalla centrale termica principale del comprensorio di Piazzale Europa 1. Lo stesso sistema di utenza è stato però predisposto per il servizio estivo, salvo che non essendo stata definita e realizzata la centrale frigorifera di alimentazione, tale servizio centralizzato è rimasto inattivo. Negli anni gli utenti hanno ovviato ai comprensibili disagi sofferti durante la stagione estiva mediante l'installazione di numerosissimi condizionatori individuali posti in opera in progressione temporale in assenza di adeguate azioni di coordinamento ed armonizzazione complessiva del sistema. Ne è derivato un complesso di utenze di piccola taglia caratterizzate da modesti rendimenti energetici, insoddisfacenti caratteristiche prestazionali e intollerabile aggravio del carico elettrico durante la stagione estiva.

L'intervento di che trattasi si propone di assolvere al servizio di raffrescamento estivo avvalendosi del sistema di ventilconvettori già installati nell'intero edificio, utilizzando la rete di distribuzione già predisposta ed alimentandola, in estate, con acqua fredda prodotta in un'apposita centrale frigorifera di nuova installazione dimensionata coerentemente ai fabbisogni energetici calcolati. Si coglierà altresì l'occasione per la sostituzione delle due UTA preesistenti, poste a servizio delle principali aule della Facoltà, caratterizzate da un alto indice di affollamento anche nella stagione estiva. Tale sostituzione si rende necessaria a causa dell'evidente stato di degrado delle macchine, aggravato dall'inadeguatezza delle stesse all'assolvimento delle funzioni che si richiedono, dovuta a vetustà ed obsolescenza tecnica delle unità installate. In aggiunta a ciò si provvederà a dotare di opportune UTA anche altri ambienti la cui destinazione d'uso è stata modificata nel tempo, avendoli adibiti ad aule didattiche, o sale studio caratterizzate da significativi indici di affollamento.

In definitiva l'elenco completo degli ambienti condizionati autonomamente mediante UTA dedicate, la loro destinazione d'uso e la loro collocazione sono riassunti nella Tab. 1

Locale	Destinazione d'uso	Piano	UTA asservita
Aula "C"	Aula didattica	Terra	1
Aula "B"	Aula didattica	Terra	1
Aula "D"	Aula didattica	Terra	1
Aula "A"	Aula didattica	Semint.	2
"Bunker"	Sala studio	Semint.	3
Bar	Bar	Semint.	3
Aula "F"	Aula didattica	I°	4
Sala conferenze	Sala conferenze	I°	4
Aula computer	Aula computer	Semint.	4
Aula "E"	Aula didattica	Terra	5
"Acquario"	Sala studio	Terra	5
Sala atti	Sala degli atti accademici	I°	5
Aula "G"	Aula didattica	III°	6
Aula "DISES"	Aula didattica	II°	7

Tab. 1. Locali condizionati

7.3.2 Descrizione del sistema di utenza preesistente

7.3.2.1 Circuiti di distribuzione del fluido termovettore

L'impianto termico invernale attualmente attivo è articolato su quattro circuiti distributivi distinti, allacciati alla sottocentrale termica a sua volta alimentata mediante l'anello di teleriscaldamento dalla Centrale Termica (CT) principale ubicata in via A. Valerio 10 (Figura 95).

Tali circuiti vengono di seguito analizzati.

7.3.2.1.1 Circuito termoconvettori

Il circuito termoconvettori interessa solo il piano interrato che è servito da un circuito indipendente in quanto i corpi scaldanti adottati (termoconvettori) richiedono regimi di alimentazione diversi dalle altre tipologie (radiatori, piastre radianti, fan-coils). Inoltre le attività svolte al piano interrato e le specifiche condizioni ambientali richiedono una regolazione temporale e funzionale diversificata rispetto agli altri piani.

7.3.2.1.2 Circuito U.T.A.

Il circuito U.T.A. provvede esclusivamente all'alimentazione di n°2 UTA asservite alle aule didattiche con maggior indice di affollamento site al piano terra e al piano primo, nonché all'Aula Magna ubicata nel piano seminterrato. Tali macchine non sono capaci di fornire portate d'aria primaria coerenti con l'indice di affollamento massimo ipotizzato ad un regime di 15÷20 m³/h per persona.

7.3.2.1.3 Circuito piastre radianti

Anche il circuito piastre radianti si diparte dalla sottocentrale termica e si sviluppa orizzontalmente e verticalmente come indicato negli elaborati grafici. Il sistema di circolazione è indipendente, salvo una pompa di riserva in comune con il circuito termoconvettori.

7.3.2.1.4 Circuito ventilconvettori (Fancoils)

Tale circuito distributivo, esaurientemente rappresentato negli elaborati grafici, è quello di specifico interesse per il presente progetto in quanto, opportunamente potenziato, verrà utilizzato durante la stagione estiva per la distribuzione generale di acqua refrigerata ai ventilconvettori già predisposti per il servizio estivo.

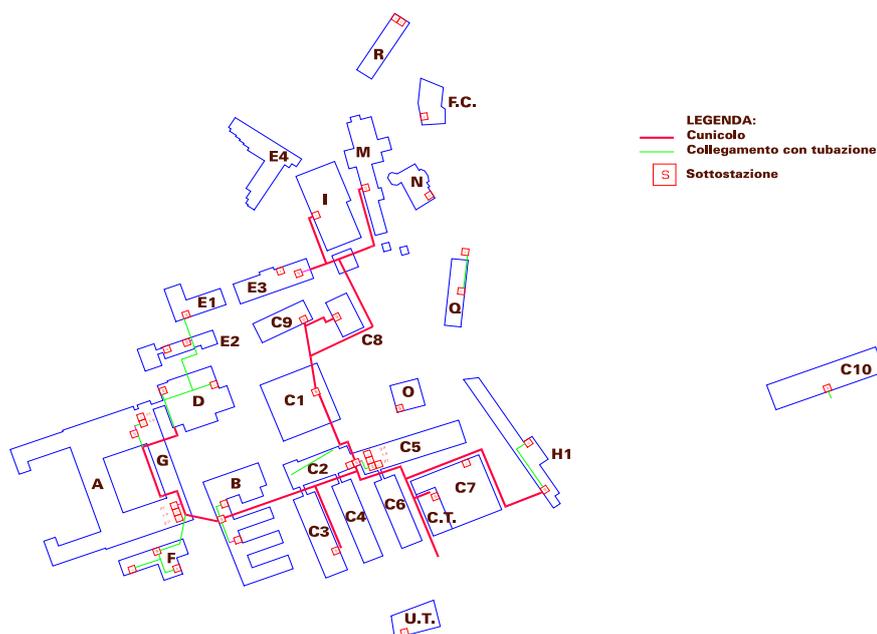


Figura 95 Anello principale di teleriscaldamento U.T.A. e Ventilconvettori (Fancoils)

Quanto ai corpi che realizzano lo scambio di calore all'interno degli ambienti di utenza, tralasciando i termoconvettori e le piastre radianti, e ad integrazione di quanto già osservato relativamente alle UTA valgono le seguenti annotazioni.

7.3.2.1.5 Ventilconvettori.

La batteria dei ventilconvettori installati è costruita con tubi di rame mandrinati su alette di alluminio in modo da realizzare la miglior trasmissione termica.

La mandrinatura è eseguita singolarmente tubo per tubo con estrema accuratezza così da assicurare stabilmente il contatto tra rame ed alluminio. Gli attacchi filettati della batteria sono realizzati mediante collettori in ottone pressofuso dotati di valvole di sfogo aria.

Ogni batteria è costituita da tre ranghi. Di seguito si riportano i dati caratteristici in riferimento alle diverse tipologie di unità installate.

Grandezze	Massima portata d'aria [m ³ /h]	Massima porta d'acqua [l/h]	potenza termica in riscaldamento ¹ [KW]	potenza termica in raffreddamento ² [KW]
20	340	375	4,703	1,904
30	510	500	7,315	2,775
40	680	750	9,289	3,646
60	980	950	11,495	4,853

Tabella 33. Dati di rendimento dei fancoils.

I ventilconvettori risultano per lo più in buono stato, già dotati dello scarico condensa e quindi già predisposti per il funzionamento in raffreddamento estivo. Si è ritenuto tuttavia necessario provvedere ad un'accurata manutenzione di tutti i mobiletti installati ad eccezione di quelli installati nei locali di cui alla Tab. 1 che verranno integralmente sostituiti mettendoli a disposizione della Direzione Lavori.

L'intervento manutentivo, che riguarderà i rimanenti 80 fancoils, comporterà la pulizia dei filtri o la loro sostituzione qualora irrecuperabili o mancanti, la verifica della tenuta di tutte le guarnizioni e dello stato delle batterie, l'eventuale sostituzioni dei ventilatori come più dettagliatamente esplicitato nel relativo paragrafo del "Capitolato Speciale d'Appalto".

Si è provveduto ad un'accurata ispezione delle tubazioni di drenaggio della condensa in vista di un loro disintasamento. I risultati di tale ispezione eseguita a campione a cura del servizio tecnico dell'Università sono riassunti nel relativo prospetto riportato in allegato da cui si evince che il 33% delle linee di drenaggio risultano intasate o non allacciate, per cui si dovrà in sede di realizzazione del presente intervento provvedere alla loro attivazione mediante ripristino, sostituzione o nuova installazione.

7.3.2.1.6 U.T.A.

Attualmente risultano installate n°2 UTA asservite alle aule con maggior indice di affollamento site al piano terra ed al piano primo, nonché all'Aula Magna ubicata nel piano seminterrato. Le caratteristiche di tali macchine vengono di seguito descritte.

¹ Riferita alle seguenti condizioni nominali di funzionamento invernale: temperatura ambiente 20°C, temperatura media acqua di alimentazione 80°C, umidità relativa 50%.

² Riferita alle seguenti condizioni nominali di funzionamento estivo: temperatura ambiente 27°C, temperatura media acqua di alimentazione 7°C, umidità relativa 50%.

UTA n°1

Fabbricazione	MOK
Anno	1969
Potenzialità	8000 [m ³ /h]
Zona servita	Aula Magna

UTA n°1

Fabbricazione	De Micheli
Anno	1959
Potenzialità	5000 [m ³ /h]
Zona servita	Aule ai piani terra e primo

Entrambe le macchine in oggetto non risultano in buono stato di conservazione. In particolare gli umidificatori ad acqua di cui entrambe sono dotate, risultano ormai completamente ostruiti dal calcare depositatosi negli anni. Le coibentazioni esterne, ove presenti, manifestano poi evidenti segni di degrado. I filtri risultano completamente ostruiti e tutti i movimenti di registrazione sono resi difficoltosi a causa delle ossidazioni intervenute. Per quanto riguarda in particolare l'UTA n° 2, avendo ipotizzato la probabile presenza di amianto nelle coibentazioni dei canali di mandata, è stata eseguita un'analisi per la determinazione quali-quantitativa delle fibre di amianto che ha portato ai risultati riferiti nel certificato di cui all'allegato n° 1.

In base a tali risultati (riportati in allegato) si è deciso di procedere alla bonifica limitatamente alle testate terminali di coibentazione dei tubi d'acqua di alimentazione dell'UTA dal momento che solo in queste zone è stata rilevata la presenza di fibre di crisotilo in ragione del 70%.

Per quanto attiene all'impianto di distribuzione dell'aria a servizio dell'Aula Magna, si ritiene di rinnovare il sistema esistente adottando un'impiantistica che diversifichi la funzione raffrescante (realizzata mediante l'impiego di fan coils) dalla funzione primaria di termoventilazione affidata all'UTA asservita.

7.3.3 Determinazione dei fabbisogni energetici

La determinazione dei fabbisogni energetici è disponibile in esecuzione analitica per quanto attiene alla stagione invernale (vedi allegati).

Relativamente ai fabbisogni estivi si è provveduto sistematicamente al censimento ed alla caratterizzazione delle utenze la cui distribuzione ed identificazione viene precisata negli elaborati grafici allegati al presente progetto. In allegato vengono forniti i dati riepilogativi per piano.

Di seguito sono riportati, per ciascuna tipologia di vetilconvettori, il numero di unità installate e la relativa potenza che consentono di pervenire alla determinazione della potenza frigorifera globalmente installata all'interno dell'edificio.

		Condizioni nominali: Temp acqua 80°C, temp ambiente 20°C			
Tipo mobiletti	Numero unità installate	Potenza termica [KW]		Potenza frigorifera [KW]	
		unitaria	parziale	unitaria	parziale
BV 20	61	4,703	286,853	1,904	116,15756
BV 30	30	7,315	219,450	2,775	83,251667
BV 40	40	9,289	371,556	3,646	145,83556
BV 60	17	11,495	195,415	4,853	82,508556
Totale	148		1.073,273		427,753

Tabella 34. Determinazione della potenza frigorifera installata.

In sede di progettazione definitiva si è proceduto al calcolo particolareggiato dei carichi frigoriferi (estivi).

I risultati sono raccolti nell'omonimo fascicolo riportato fra gli allegati.

Un riassunto di tali risultati viene presentato nelle Tab. 2 e Tab. 3 utili per la successiva identificazione tecnica della componentistica installata.

		Locali con UTA	Riepilogo locali senza UTA asservita
<i>Piano</i>			
<i>UTA asservita</i>			
Volume lordo	[m3]	8251	13001
Dimensioni del locale	[m2]	1977	3399
Superficie opaca lorda esposta	[m2]	0	0
Superficie opaca netta esposta	[m2]	1688	3128
Superficie finestrata esposta all'irraggiamento	[m2]	588	745
Destinazione d'uso		0	0
Affollamento [n° di persone]		1676	332
Portata d'aria di rinnovo	[m3/s]	9,519	1,688
Portata d'aria di rinnovo	[m3/h]	34268,938	6.077
Carichi termici endogeni		0	0
	Latente utenti	[KW] 87,655	17,364
	Sensibile utenti	[KW] 107,096	21,215
	Sensibile illuminazione	[KW] 30,906	33,990
Carichi termici strutturali		0,0	0,0
	<i>Irraggiamento su superfici opache</i>	[KW] 16,768	35,859
	<i>Irraggiamento su superfici trasparenti</i>	[KW] 54,896	68,784
	<i>Trasmissione attraverso superfici trasparenti</i>	[KW] 10,691	12,978
Carico termico per ricambio d'aria		0	0
	Latente	[KW]	21,845
	Sensibile	[KW]	9,451
Totale carichi di piano		[KW] 308,012	221,486

Tab. 2. Riepilogo dei carichi termici estivi.

	UTA	Fan-coils	Totale
Potenza frigorifera richiesta	[KW] 387	310	697
Potenza termica per post-riscaldamento	[KW] 105	0	105

Tab. 3. Fabbisogni frigoriferi.

7.3.4 Componentistica di utenza

7.3.4.1 Unità trattamento d'aria. (UTA)

Corrispondentemente ai calcoli precedentemente illustrati sono state individuate le distribuzioni dei carichi frigoriferi e le portate d'aria necessarie relativamente agli ambienti condizionati, nonché le principali caratteristiche delle macchine che realizzeranno la funzione primaria di ventilazione come precisato in Tab. 4.

In aggiunta a tale elencazione, per quanto attiene alle caratteristiche prestazionali e costruttive delle succitate UTA, si rimanda alla consultazione dell'omologo paragrafo del

“Capitolato speciale d’appalto”, dove tali caratteristiche vengono meglio precisate e costituiscono prescrizioni tecniche di capitolato

7.3.4.2 *Fan-coils*

Per quanto attiene agli ambienti non esplicitamente richiamati in Tab. 1, genericamente destinati ad ufficio e comunque caratterizzati da affollamenti ridotti, si è ritenuto sufficiente prevedere la sola funzione di raffrescamento affidata ai fan-coils ivi esistenti, sottoposti a manutenzione e pulizia straordinarie ed eventualmente integrati con altri di nuova installazione.

Anche per questi ultimi, per quanto attiene alle relative caratteristiche prestazionali e costruttive, si rimanda alla consultazione dell’omologo paragrafo del “Capitolato speciale d’appalto”, dove tali caratteristiche vengono meglio precisate e costituiscono prescrizioni tecniche di capitolato.

Si coglie in questa sede l’occasione di ricordare che per quanto attiene al bar e alla sala studio denominata “Bunker”, non essendovi installata una rete di distribuzione idraulica a servizio esclusivo dei fan-coils, bisognerà provvedere ad una realizzazione ex novo.

Viceversa tutti gli altri locali di cui alla Tab. 1 risultano già dotati di fan-coils per cui gli interventi che si propongono risultano marginali e riguarderanno eventualmente il potenziamento delle linee già esistenti ed il loro prolungamento in punti del locale non precedentemente serviti.

UTA n°		UTA n°1 - Locali serviti 26, 27, 27/a (Aule al piano terra)	UTA n°2 - Locali serviti: Aula Magna	UTA n°3 - Locali serviti: Bar e sala studio "Bunker" al Seminterrato	UTA n°4 - Locali serviti: 27 (Aula "F" I° P.), 28 (Sala conferenze I° P.), Aula computer piano seminterrato	UTA n°5 - Locali serviti 15 (Aula al piano terra), 13+14("Acquario"), 21 (Sala atti Piano I°)	UTA n°6 - Locale servito Aula "G" Piano terzo	UTA n°7 - Locale servito aula seminari piano secondo
Aria esterna	[m3/h]	6600	8250	3300	7260	6600	1100	1760
Ricircolo	[m3/h]	1320	1650	660	1452	1320	220	352
Mandata	[m3/h]	7920	9900	3960	8712	7920	1320	2112
Espulsione	[m3/h]	6600	8250	3300	7260	6600	1100	1760
Ripresa	[m3/h]	7524	9405	3762	8276.4	7524	1254	2006.4
Temperatura di mandata	[°C]	22	22	22	22	22	22	22
Recuperatore		Statico	Statico	Statico	Statico	Statico	Statico	Statico
Potenza resa in raffreddamento	[KW]	80	100	40	88	80	13	21
Potenza resa in postriscaldamento	[KW]	22	27	11	24	22	4	6
Prevalenza ventilatore mandata	[Pa]	300	300	300	300	300	300	300
Prevalenza ventilatore di ripresa	[Pa]	300	300	300	300	300	300	300
regolazione della portata d'aria		continua 30%-100%	3 gradini	continua 30%-100%	continua 30%-100%	continua 30%-100%	3 gradini	3 gradini
Sezione umidificazione		si	si	si	si	si	si	si
Installazione UTA		esterna	esterna	esterna	esterna	interna	interna	interna

Tab. 4 Caratteristiche prestazionali delle UTA

7.3.5 Centrale frigorifera

7.3.5.1 *Ubicazione*

La centrale frigorifera si avvarrà di macchine frigorifere adatte all’installazione all’aperto per consentirne il posizionamento esternamente all’edificio, permettendo di lasciare praticamente inalterata la distribuzione interna degli ambienti e limitare al massimo gli inevitabili disagi, connessi con la realizzazione dell’opera, causati alle attività di ricerca ed insegnamento.

La centrale frigorifera verrà ubicata come indicato in Figura 96. Per permettere il posizionamento delle macchine si provvederà alla realizzazione di un opportuno basamento in cls.

7.3.5.2 Descrizione dell'impiantistica adottata

7.3.5.2.1 Generazione del freddo

La generazione del freddo verrà affidata ad un refrigeratore ad acqua condensato ad aria della potenzialità 550 kW con recupero parziale di calore per postriscaldamento dal condensatore in ragione di circa il 20% della potenza frigorifera resa, nel salto termico 40/45°C.

Tale refrigeratore si avvarrà di compressori a vite il cui numero dovrà essere adeguato e comunque non inferiore a due, per conseguire una maggiore affidabilità del sistema e permettere un'adeguata parzializzazione del carico frigorifero su almeno sei gradini.

Particolare attenzione verrà riservata al contenimento delle emissioni acustiche che dovranno risultare quanto mai contenute e comunque non superiori ai 70 dBa a 1m.

7.3.5.2.2 Distribuzione del freddo

La distribuzione del freddo dalla centrale di generazione alle unità utilizzatrici terminali (UTA e fancoils) impiegherà quale fluido termovettore acqua refrigerata nel salto termico 7-12 °C.

L'impianto di distribuzione si avvarrà di due circuiti, uno primario e l'altro secondario, dei quali il primo verrà realizzato ex novo mentre il secondo comprenderà gli esistenti circuiti UTA e fancoils, opportunamente integrati dove necessario, che, nel periodo invernale, provvedono al vettoriamento del calore.

Il circuito primario avrà la funzione di collegare la macchina refrigeratrice d'acqua ad un serbatoio di adeguata capacità che funzionerà quale serbatoio inerziale per permettere un funzionamento continuo di quest'ultima, evitando così il susseguirsi di ripetute e ravvicinate fasi di avviamento e fermata che inevitabilmente comportano un più accentuato logorio del refrigeratore ed in particolare dei suoi componenti elettrici.

Il circuito secondario sfrutterà le esistenti tubazioni per la distribuzione del caldo e verrà collegato al serbatoio inerziale tramite un adatto sistema di valvole per permettere l'agevole commutazione del funzionamento da invernale ad estivo e viceversa.

La funzione di post-riscaldamento dell'aria verrà infine realizzata tramite recupero dal gruppo frigorifero per cui si prevede la realizzazione ex novo di un opportuno circuito termoidraulico di vettoriamento del calore che, dipartendosi dal condensatore del gruppo frigorifero, conetterà tutte le UTA.

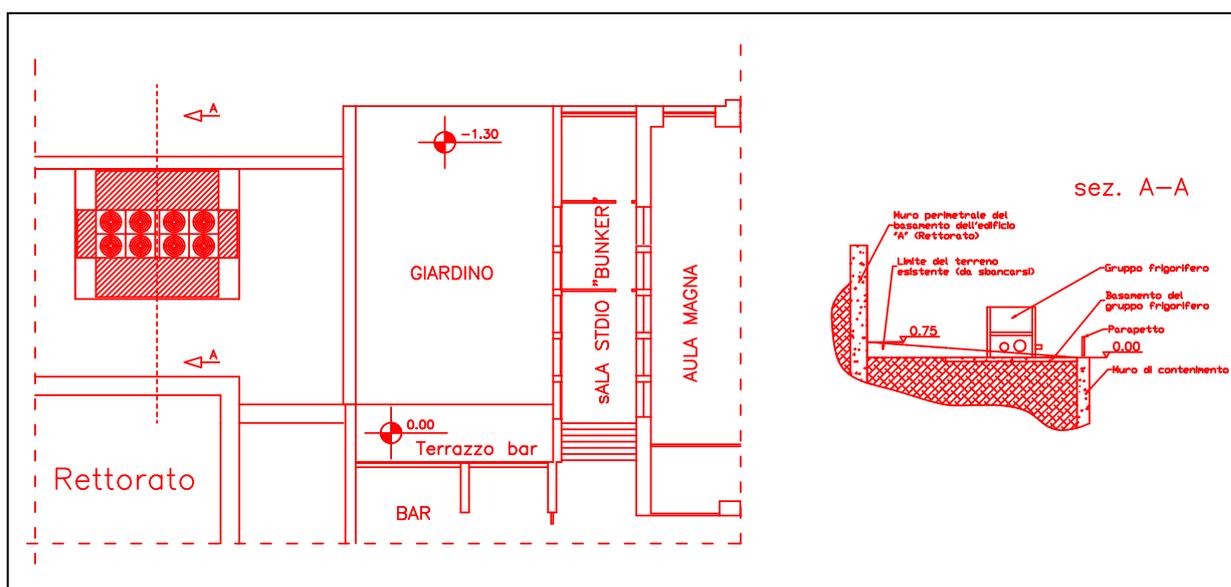


Figura 96. Ubicazione del gruppo frigorifero.

7.3.6 Configurazione della nuova sottostazione

La riconfigurazione della C.T. esistente prevede l'ampliamento della stessa mediante l'acquisizione del locale contiguo, come rappresentato negli elaborati grafici (Tavole 3 e 4). In tale locale verrà alloggiato il collettore a servizio del circuito UTA a sua volta alimentato, in estate, dal gruppo frigorifero, ubicato esternamente all'edificio.

Il servizio di riscaldamento sarà assicurato dall'allacciamento alla rete di teleriscaldamento che ha origine nell'attigua sottostazione termica preesistente collegata all'anello principale di distribuzione dell'acqua calda proveniente dalla centrale termica posta nell'edificio C7 (Tavola 1).

Le derivazioni dovranno essere dotate di valvole di intercettazione e di valvole di non ritorno. Lo schema di allacciamento e di commutazione è rappresentato nella relativa tavola 1.

Viene qui precisato che il suddetto circuito deve essere dotato di ogni elemento accessorio (sfiati d'aria, scarichi, termometri, flussostati, manometri, ecc.), di sicurezza (vasi d'espansione, scarico per sovrappressione, ecc.) e di regolazione indispensabili alla regolarità ed all'affidabilità funzionale oltre che all'adempimento di ogni prescrizione normativa e di legge.

7.3.7 Sistema di regolazione e supervisione

7.3.7.1 Controllo del microclima ambientale

Nel caso specifico la funzione regolata è stata correlata anche con il benessere ambientale. Il sistema di regolazione adottato è, infatti, finalizzato al controllo delle condizioni igieniche e di benessere interno oltre che al contenimento dei consumi energetici.

L'emissione degli inquinanti in ambienti tipici dell'edilizia civile, caratterizzati da alti indici di affollamento, è dovuta sostanzialmente alle persone, alla presenza di materiali che costituiscono l'edificio stesso e gli arredi ed alla presenza di eventuali apparecchiature emettenti.

Per evitare che si verifichino concentrazioni eccessive di inquinanti all'interno delle aule si ricorrerà prevalentemente alla ventilazione forzata, eventualmente associata al ricircolo di aliquote di portata sottoposte ad azioni depurative e condizionanti.

Nel caso specifico, è stata adottata nei locali serviti dalla UTA una configurazione di impianto con parziale ricircolo e controllo locale integrato della qualità dell'aria e della temperatura ambiente secondo lo schema generale di figura Figura 97.

Le sonde di controllo della qualità dell'aria ambiente assumeranno come tracciante la concentrazione di CO₂ intervenendo sulle serrande di portata locale servocomandate, assicurando un flusso controllato costituito da una miscela di aria esterna e di aria di ricircolo.

Tutte le sonde IAQ locali trasmetteranno i relativi segnali, oltre che ai corrispondenti regolatori di zona, anche ad un regolatore centrale che, tenendo conto delle diverse esigenze locali di qualità dell'aria, modulerà le serrande coniugate della camera di miscela in modo da garantire la necessaria portata d'aria esterna totale intervenendo anche sul regime di rotazione dei ventilatori.

Sia le serrande di zona che la serranda dell'aria esterna presente in camera di miscela dovranno garantire valori minimi prefissati di portate d'aria.

7.3.7.2 *Apparecchiature in campo e regolatori digitali*

Con riferimento allo schema di Figura 97 sono stati individuati le sonde, gli attuatori, e più in generale tutti gli organi di regolazione da inserirsi unitamente alle grandezze regolate. I risultati vengono riportati, in forma tabulare, nella Tabella 35. Apparecchi in campo e nella Tabella 36. Regolatori digitali

Tabella 35. *Apparecchi in campo*

Apparecchiature in campo	Q.tà
Sottostazione termica	
Servomotore elettrico reversibile per valvole, corsa 40 mm in 120 s, comando 2-10V, alimentazione 24V.	1
Valvola flangiata a tre vie, DN 100	1
Sonda di temperature esterna, elemento sensibile Ni 1000 Ohm	1
Sonda di temperature per tubazione d'acqua calda completa di guiana, elemento sensibile Ni 1000 Ohm	1
UTA 1	
Servomotore per serrande con movimento radiale, alimentazione 24 V, comando 2-10 V, rotazione di 90° in 150 s.	6
Servomotore per serrande con ritorno a molla, comando 2-10V, coppia 16 Nm, alimentazione 24 V.	2
Servomotore per serrande con movimento radiale, coppia 15 Nm, alimentazione 24 V, rotazione di 90° in 150 s.	1
Servomotore elettrico reversibile per valvole, corsa 14 mm in 120 s, comando 2-10 V, alimentazione 24 V	2
Valvola filettata 3 vie PN 16, caratteristica equipercentuale, DN 25	1
Valvola flangiata 3 vie pn 10, dn 50	1
Trasmittitore da canale per umidità relativa e temperatura, segnale 0-10Vcc, campo 0-100% u.r., segnale Ni1000 temp.	1
Sonda per misura CO2 ambiente con segnale ad infrarossi, segnale di uscita 0-10 V, 0-20 mA	3
Sonda di temperatura esterna, elemento sensibile Ni 1000 Ohm	1
Sonda di temperatura per canali d'aria completa di flangia, elemento sensibile Ni 1000 Ohm	1
Umidostato da canale ad 1 contatto in commutazione, campo 15-95% u.r., elemento sensibile in mat sintetico stabilizzato con compensazione temp.	1
Pressostato differenziale per aria, portata contatti max 250 Vcc, 5A, temperatura ambiente ammissibile - 15/80°C, IP 54, campo 40-300 Pa.	3
Trasmittitore di pressione differenziale per aria, alimentazione 24V, campo 0-1000 Pa.	1
Termostato antigelo con sonda a capillare in rame l=1,5 m, campo -5/12°C, protezione IP 65, completo di presa ad innesto a 3 poli	1
UTA 2	
Servomotore per serrande con ritorno a molla, comando 2-10V, coppia 16 Nm, alimentazione 24 V.	2
Servomotore per serrande con movimento radiale, coppia 15 Nm, alimentazione 24 V, rotazione di 90° in 150 s.	1
Servomotore elettrico reversibile per valvole, corsa 14 mm in 120 s, comando 2-10 V, alimentazione 24 V	1
Servomotore elettrico reversibile per valvole, corsa 40 mm in 120 s, comando 2-10V, alimentazione 24V.	1
Valvola filettata 3 vie PN 16, caratteristica equipercentuale, DN 25	1
Valvola flangiata 3 vie pn 10, dn 65	1
Trasmittitore da canale per umidità relativa e temperatura, segnale 0-10Vcc, campo 0-100% u.r., segnale Ni1000 temp.	1
Sonda per misura CO2 ambiente con segnale ad infrarossi, segnale di uscita 0-10 V, 0-20 mA	1
Sonda di temperatura esterna, elemento sensibile Ni 1000 Ohm	1
Sonda di temperatura per canali d'aria completa di flangia, elemento sensibile Ni 1000 Ohm	1
Umidostato da canale ad 1 contatto in commutazione, campo 15-95% u.r., elemento sensibile in mat sintetico stabilizzato con compensazione temp.	1
Pressostato differenziale per aria, portata contatti max 250 Vcc, 5A, temperatura ambiente ammissibile - 15/80°C, IP 54, campo 40-300 Pa.	3
Termostato antigelo con sonda a capillare in rame l=1,5 m, campo -5/12°C, protezione IP 65, completo di presa ad innesto a 3 poli	1
UTA 3	
Servomotore per serrande con movimento radiale, coppia 15 Nm, alimentazione 24 V, rotazione di 90° in 150 s.	1
Servomotore per serrande con movimento radiale, alimentazione 24 V, comando 2-10 V, rotazione di 90°	4



Apparecchiature in campo	Q.tà
in 150 s.	
Servomotore per serrande con ritorno a molla, comando 2-10V, coppia 16 Nm, alimentazione 24 V.	2
Servomotore elettrico reversibile per valvole, corsa 14 mm in 120 s, comando 2-10 V, alimentazione 24 V	2
Valvola filettata 3 vie PN 16, caratteristica equipercentuale, DN 15	1
Valvola flangiata 3 vie pn 10, DN 32	1
Trasmittitore da canale per umidità relativa e temperatura, segnale 0-10Vcc, campo 0-100% u.r., eguale 0-10Vcc, campo 0-50°C temp.	1
Sonda per misura CO2 ambiente con segnale ad infrarossi, segnale di uscita 0-10 V, 0-20 mA	2
Sonda di temperatura esterna, elemento sensibile Ni 1000 Ohm	1
Sonda di temperatura per canali d'aria completa di flangia, elemento sensibile Ni 1000 Ohm	1
Umidostato da canale ad 1 contatto in commutazione, campo 15-95% u.r., elemento sensibile in mat sintetico stabilizzato con compensazione temp.	1
Pressostato differenziale per aria, portata contatti max 250 Vcc, 5A, temperatura ambiente ammissibile - 15/80°C, IP 54, campo 40-300 Pa.	3
Trasmittitore di pressione differenziale per aria, alimentazione 24V, campo 0-1000 Pa.	1
Termostato antigelo con sonda a capillare in rame l=1,5 m, campo -5/12°C, protezione IP 65, completo di presa ad innesto a 3 poli	1
UTA 4	
Servomotore per serrande con movimento radiale, coppia 15 Nm, alimentazione 24 V, rotazione di 90° in 150 s.	1
Servomotore per serrande con movimento radiale, alimentazione 24 V, comando 2-10 V, rotazione di 90° in 150 s.	6
Servomotore per serrande con ritorno a molla, comando 2-10V, coppia 16 Nm, alimentazione 24 V.	2
Servomotore elettrico reversibile per valvole, corsa 14 mm in 120 s, comando 2-10 V, alimentazione 24 V	2
Valvola filettata 3 vie PN 16, caratteristica equipercentuale, DN 25	1
Valvola flangiata 3 vie pn 10, DN 50	1
Trasmittitore da canale per umidità relativa e temperatura, segnale 0-10Vcc, campo 0-100% u.r., eguale 0-10Vcc, campo 0-50°C temp.	1
Sonda per misura CO2 ambiente con segnale ad infrarossi, segnale di uscita 0-10 V, 0-20 mA	2
Sonda di temperatura esterna, elemento sensibile Ni 1000 Ohm	1
Sonda di temperatura per canali d'aria completa di flangia, elemento sensibile Ni 1000 Ohm	1
Umidostato da canale ad 1 contatto in commutazione, campo 15-95% u.r., elemento sensibile in mat sintetico stabilizzato con compensazione temp.	1
Pressostato differenziale per aria, portata contatti max 250 Vcc, 5A, temperatura ambiente ammissibile - 15/80°C, IP 54, campo 40-300 Pa.	3
Trasmittitore di pressione differenziale per aria, alimentazione 24V, campo 0-1000 Pa.	1
Termostato antigelo con sonda a capillare in rame l=1,5 m, campo -5/12°C, protezione IP 65, completo di presa ad innesto a 3 poli	1
UTA 5	
Servomotore per serrande con movimento radiale, coppia 15 Nm, alimentazione 24 V, rotazione di 90° in 150 s.	1
Servomotore per serrande con movimento radiale, alimentazione 24 V, comando 2-10 V, rotazione di 90° in 150 s.	6
Servomotore per serrande con ritorno a molla, comando 2-10V, coppia 16 Nm, alimentazione 24 V.	2
Servomotore elettrico reversibile per valvole, corsa 14 mm in 120 s, comando 2-10 V, alimentazione 24 V	2
Valvola filettata 3 vie PN 16, caratteristica equipercentuale, DN 25	1
Valvola flangiata 3 vie pn 10, DN 50	1
Trasmittitore da canale per umidità relativa e temperatura, segnale 0-10Vcc, campo 0-100% u.r., eguale 0-10Vcc, campo 0-50°C temp.	1
Sonda per misura CO2 ambiente con segnale ad infrarossi, segnale di uscita 0-10 V, 0-20 mA	3
Sonda di temperatura esterna, elemento sensibile Ni 1000 Ohm	1
Sonda di temperatura per canali d'aria completa di flangia, elemento sensibile Ni 1000 Ohm	1
Umidostato da canale ad 1 contatto in commutazione, campo 15-95% u.r., elemento sensibile in mat sintetico stabilizzato con compensazione temp.	1
Pressostato differenziale per aria, portata contatti max 250 Vcc, 5A, temperatura ambiente ammissibile - 15/80°C, IP 54, campo 40-300 Pa.	3
Trasmittitore di pressione differenziale per aria, alimentazione 24V, campo 0-1000 Pa.	1
Termostato antigelo con sonda a capillare in rame l=1,5 m, campo -5/12°C, protezione IP 65, completo di presa ad innesto a 3 poli	1

Tabella 36. Regolatori digitali

Apparecchiature in campo	Q.tà
Sottostazione termica	
Unità periferica compatta del tipo stand-alone,	1
Unità di comunicazione	1
Quadro portastrumenti in lamiera pressopiegata, a doppia porta, completamente cablato a norme CEI, IP55	1
Progettazione del sottosistema periferico comprendente Engineering, Start-up, Collaudo, Schemi di collegamento, protocolli.	1
UTA 1	
Unità periferica compatta del tipo stand-alone,	1
Unità periferica compatta del tipo stand-alone dedicata al controllo della qualità aria ambiente	3
Quadro portastrumenti in lamiera pressopiegata, a doppia porta, completamente cablato a norme CEI, IP55	1
Progettazione del sottosistema periferico comprendente Engineering, Start-up, Collaudo, Schemi di collegamento, protocolli.	1
UTA 2	
Unità periferica compatta del tipo stand-alone,	1
Quadro portastrumenti in lamiera pressopiegata, a doppia porta, completamente cablato a norme CEI, IP55	1
Progettazione del sottosistema periferico comprendente Engineering, Start-up, Collaudo, Schemi di collegamento, protocolli.	1
Totale UTA2	
UTA 3	
Unità periferica compatta del tipo stand-alone,	1
Unità periferica compatta del tipo stand-alone dedicata al controllo della qualità aria ambiente	2
Quadro portastrumenti in lamiera pressopiegata, a doppia porta, completamente cablato a norme CEI, IP55	1
Progettazione del sottosistema periferico comprendente Engineering, Start-up, Collaudo, Schemi di collegamento, protocolli.	1
UTA 4	
Unità periferica compatta del tipo stand-alone,	1
Unità periferica compatta del tipo stand-alone dedicata al controllo della qualità aria ambiente	3
Quadro portastrumenti in lamiera pressopiegata, a doppia porta, completamente cablato a norme CEI, IP55	1
Progettazione del sottosistema periferico comprendente Engineering, Start-up, Collaudo, Schemi di collegamento, protocolli.	1
UTA 5	
Unità periferica compatta del tipo stand-alone,	1
Unità periferica compatta del tipo stand-alone dedicata al controllo della qualità aria ambiente	3
Quadro portastrumenti in lamiera pressopiegata, a doppia porta, completamente cablato a norme CEI, IP55	1
Progettazione del sottosistema periferico comprendente Engineering, Start-up, Collaudo, Schemi di collegamento, protocolli.	1

7.3.7.3 *Sistema di supervisione*

Al fine di agevolare le operazioni di manutenzione programmata e di impostazione delle modalità di funzionamento dell'impianto, come pure per consentire una repentina segnalazione degli stati di allarme e di guasto, è stato adottato un sistema di supervisione che consentirà, in prospettiva, la telegestione dell'impianto tramite l'allacciamento al sistema informatizzato esistente in centrale termica.

Il sistema centrale avrà funzioni di gestione e supervisione e costituirà l'interfaccia tra l'operatore ed i sottosistemi periferici dedicati al controllo degli impianti tecnologici. La struttura gerarchica sarà basata su 3 livelli e più precisamente:



- il primo livello sarà costituito da sensori, valvole, serrande ed eventualmente dai moduli di controllo ambiente.
- il secondo livello sarà costituito da unità periferiche intelligenti, di varia tipologia, in funzione dell'impianto e del numero dei punti controllati
- il terzo livello sarà costituito dal sistema centrale di supervisione con funzioni di gestione e controllo degli impianti tecnologici dell'edificio.

La comunicazione con l'impianto avverrà attraverso un Personal Computer il quale gestirà il software dedicato che, avvalendosi di un'interfaccia orientata ad un forte utilizzo di tipo grafico e basata su una struttura gerarchica ad albero, renderà possibile la visualizzazione e il comando di tutti i punti generati all'interno di uno schema.

Il sistema di supervisione consentirà la completa integrazione di tutti i sottosistemi periferici, realizzando un coordinamento centralizzato degli impianti controllati.

Un driver di sistema dotato di proprio processore garantirà la trasmissione e l'acquisizione dei dati delle unità periferiche, limitando il carico di lavoro del PC.

Questa particolarità consentirà all'utente di operare in ambiente Windows con altri programmi senza che venga limitata o interrotta la comunicazione verso le unità periferiche, infatti qualunque sia la situazione operativa in essere, all'atto dell'intervento di un allarme, comparirà automaticamente lo schema relativo all'indirizzo interessato.

Per quanto concerne i dettagli del sistema adottato si rimanda all'omonimo articolo del "Capitolato speciale d'Appalto".

7.3.8 Canalizzazioni dell'aria

Il sistema di distribuzione e di erogazione dell'aria trattata verrà realizzato ricorrendo all'adozione di canali in lamiera zincata isolati e di canali in tessuto.

La prima soluzione, che indicheremo come "tradizionale", assolverà prevalentemente il servizio di trasporto nei percorsi esterni, in cavedio e in controsoffitto, mentre alla seconda verrà affidato il compito di diffondere l'aria negli ambienti serviti.

A garanzia della regolarità e dell'affidabilità funzionale sono state evitate soluzioni miste nel senso che a ciascuna UTA è stata associata una diffusione totalmente tradizionale o completamente in tessuto.

7.3.8.1 Canalizzazioni tradizionali

Quanto all'erogazione, ove si verrà adoterà la diffusione tradizionale "per punti", si farà ricorso al più alto numero di bocchette e diffusori possibile, al fine di favorire l'induzione e la miscelazione.

Per quel che riguarda le descrizioni tecniche delle canalizzazioni tradizionali, la relativa componentistica ed i particolari costruttivi si rimanda alle specifiche tecniche del "Capitolato Speciale d'Appalto".

Si ritiene opportuno in questa sede ricordare che tutte le canalizzazioni dell'aria tradizionali, dedicate sia al servizio di trasporto che di diffusione dell'aria, come pure a quello di ripresa ambiente, qualora installate in ambienti quali aule, sale studio, sale conferenze, corridoi principali, ecc., e comunque con destinazione d'uso diversa da quella di vano tecnico, andranno mascherate con pannellature in cartongesso anche qualora tale intervento non sia esplicitamente richiamato negli elaborati grafici.

Quanto infine alle canalizzazioni d'aria esistenti, constatata l'insufficienza della portata d'aria vettoriabile, il presente progetto ne prevede l'integrale rimozione. Tale intervento dovrà essere portato a termine avendo cura di ripristinare, sia le pareti messe in luce dalla rimozione dei canali ivi esistenti, sia i controsoffitti eventualmente danneggiati dalle operazioni di demolizione. Le due azioni di recupero, infine, verranno condotte rispettivamente mediante idropittura e

reintegro con materiali simili a quelli esistenti per qualità e modalità di posa in opera e comunque approvati dalla Direzione Lavori.

7.3.8.2 *Canali in tessuto*

Si è fatto ricorso alle canalizzazioni in tessuto in tutti quei casi in cui si dovevano servire ambienti ad alto indice di affollamento, ove si richiede lo spostamento per induzione di grandi masse d'aria di miscelazione senza provocare velocità residue fastidiose ($v > 0,25$ m/s) e indesiderabili stratificazioni.

Come è noto, il canale in tessuto diffonde direttamente l'aria di mandata in ambiente attraverso linee di fori che, opportunamente calcolate, vengono praticate sulla parete del canale in tessuto resinato. I fori, grazie alla loro capacità di induzione, sono l'elemento motore che serve a mettere in movimento tutta l'aria dell'ambiente "aspirandola" intorno al canale e "spingendola" nella direzione voluta alla velocità voluta. In questo modo tutta l'aria dell'ambiente viene messa in movimento a bassissima velocità, omogeneizzando tutte le temperature sia verticali che orizzontali e senza lasciare zone di aria stagnante.

L'aria uscente ad alta velocità ed in modo turbolento da ogni foro, crea intorno alla sua circonferenza una forte depressione, che richiama generalmente una quantità di aria ambiente da 10 a 30 volte superiore a quella che esce dal foro. L'aria di mandata viene quindi miscelata con un'enorme quantità di aria ambiente. Questo permette di avere un repentino crollo della velocità dell'aria di mandata già dal primo metro di distanza dal canale ed una massa di aria in movimento ad una temperatura molto vicina a quella dell'ambiente, quindi con scarsissima tendenza a stratificare od a creare correnti d'aria.

Nei casi in cui si è fatto ricorso ai canali in tessuto ci si aspettano i seguenti vantaggi:

- migliore diffusione d'aria per maggiore miscelazione ed omogeneità;
- minori costi, a parità di portata d'aria vettoriata e di lunghezza;
- assenza di isolamento;
- assenza dei diffusori di mandata;
- minori costi di trasporto e montaggio;
- riduzione del numero delle bocche di ripresa;
- omogeneità delle temperature;
- risparmio energetico per assenza di stratificazione;
- eliminazione di correnti preferenziali;
- riduzione di pesi ed ingombri;
- attenuazione della rumorosità sia meccanica che fluidodinamica.

Per quanto attiene alla descrizione tecnica del sistema, la sua architettura ed i particolari costruttivi, si rimanda alle specifiche tecniche riportate nel "Capitolato Speciale d'Appalto".

Di seguito, in Tabella 37, vengono altresì riportate le principali caratteristiche delle canalizzazioni impiegate unitamente all'indicazione degli ambienti serviti.



Locale	UTA	Tipo	Quantità	Lunghezza canale [m]	Portata [m ³ /h]	Diametro [mm]
Aula magna	2	Doppio binario	1	15	10.000	550
Bunker	3	Doppio binario	1	15	1.320	300
Bar	3	Doppio binario	1	15	2.640	300
Aula E	5	Doppio binario	1	10	2.690	300
Acquario	5	Doppio binario	1	17	2.690	300
Sala conferenze	4	Doppio binario	1	15	4.750	400
Aula F	4	Doppio binario	1	15	2.400	300
Sala Atti	5	Doppio binario	1	15	2.200	300
Aula computer	4	Doppio binario	1	15	1.584	300

Tabella 37. Principali dimensioni dei canali in tessuto