

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Tecnica e Gestione dei Sistemi Industriali

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dell'Innovazione del Prodotto

Tesi di Laurea Magistrale

**MIGLIORAMENTO CONTINUO DEGLI
IMPIANTI UPGRADING: UCI SYSTEM**

Relatore: Prof. Maurizio Faccio

Laureando: Alberto Toffolo

Anno Accademico 2022/2023

Dedica e Ringraziamenti

Dedico il frutto del lavoro di questi anni al piccolo Alberto, che nelle difficoltà ha saputo reagire e fortificarsi per diventare la persona che è oggi, la stessa che nel corso del tempo ha imparato a dare tutto sé stesso per ciò in cui crede e che non dovrà mai smettere di farlo.

Voglio ringraziare la mia Famiglia, che con tanto amore e sacrificio mi ha supportato ogni giorno, trasmettendomi i valori che mi hanno reso l'Alberto di oggi e sui quali crescerà l'Alberto di domani. Siete e sarete per sempre la colonna portante della mia esistenza.

Voglio ringraziare Martina, il mio Amore, complice dei momenti più belli e luce nelle situazioni più difficili. Grazie per sostenermi sempre, amarmi e rendermi una persona migliore, sei la parte più bella di me.

Voglio ringraziare i miei Amici, coloro che nel loro cuore tengono davvero a me, sapendo quanto importanti siano e quanto io tenga a loro. Nel crescere assieme abbiamo costruito i rapporti e i legami che mi completano e che contribuiscono a definirmi.

Infine, voglio ringraziare tutti i membri del team Biometano di Pietro Fiorentini, che mi hanno accolto a braccia aperte dal primo giorno, che mi hanno dato la possibilità di imparare molto e che non hanno mai esitato a credere in me, facendomi sentire apprezzato come persona ancor prima che come collega.

Sommario - Versione italiana

In uno scenario globale che pone in contrapposizione la continua ascesa del fabbisogno energetico sia civile che industriale con la difficoltà di estrazione di gas naturale, è sempre più comune la ricerca di tecnologie che provvedano alle esigenze energetiche e che al contempo attingano da fonti rinnovabili, destinate quindi a rigenerarsi e non ad estinguersi con il passare del tempo.

A tale proposito, l'upgrading del biogas in biometano è una tecnologia innovativa che permette di convertire il biogas prodotto da fonti rinnovabili, come ad esempio i reflui zootecnici o le biomasse agricole, in un gas naturale di alta qualità, adatto alla distribuzione in rete e all'utilizzo nei trasporti. L'upgrading del biogas rappresenta una soluzione innovativa e sostenibile per la produzione di energia rinnovabile, che contribuisce a ridurre l'impatto ambientale delle attività umane e a promuovere la transizione verso un sistema energetico più sostenibile. [1]

Il presente lavoro di tesi si propone come strumento di miglioramento continuo per i sistemi di Upgrading sviluppati e commercializzati da Pietro Fiorentini S.p.A. Essendo gli impianti in continua evoluzione, il sistema UCI costituisce lo strumento di ricezione, catalogazione, lavorazione e storicizzazione dei dati relativi a segnalazioni di problematiche o suggerimenti inerenti a tutte le fasi produttive ed esecutive delle commesse di Upgrading.

Il risultato della messa in opera del sistema sviluppato ha permesso di migliorare sensibilmente la completezza e l'efficienza della presa in carico, della lavorazione e della concretizzazione delle risoluzioni di problematiche e delle migliorie apportabili agli impianti di conversione di biogas in biometano attraverso il coinvolgimento di figure trasversali, team multifunzionali ed in conformità con la metodologia Kaizen, integrandosi quindi a pieno nello scenario dei valori aziendali di Pietro Fiorentini.

Sommario - Versione inglese

In a global scenario that contrasts the continuous rise of both civil and industrial energy needs in contrast with the difficulty of extracting natural gas, it is increasingly common to seek technologies that provide for energy needs and which at the same time draw from renewable sources, destined therefore to regenerate and not to become extinct with the passage of time.

In this regard, the upgrading of biogas into biomethane is an innovative technology that allows the conversion of biogas produced from renewable sources, such as livestock manure or agricultural biomass into high quality natural gas, suitable for grid distribution and transportation use. The upgrading of biogas represents an innovative and sustainable solution to produce renewable energy, that helps to reduce the environmental impact of human activities and to promote the transition towards a more sustainable energy system. [1]

This thesis work is proposed as a tool for continuous improvement for the Upgrading systems developed and marketed by Pietro Fiorentini S.p.a. Since the plants are constantly evolving, the UCI system constitutes the tool for receiving, cataloguing, processing and archiving data relating to reports of problems or suggestions relating to all the production and executive phases of the Upgrading orders.

The result of the implementation of the developed system has made it possible to significantly improve the completeness and efficiency of taking charge, processing and implementing the resolutions of problems and the improvements that can be made to biogas-into-biomethane conversion plants through the involvement of transversal figures, multifunctional teams and in compliance with the Kaizen methodology, thus fully integrating into the scenario of Pietro Fiorentini's corporate values.

Indice

Sommario - Versione italiana	4
Sommario - Versione inglese	5
Introduzione	22
1. Presentazione del problema	25
1.1. Miglioramento continuo e standardizzazione degli impianti	25
1.2. Gestione attuale della problematica in Pietro Fiorentini	26
2. Analisi della letteratura: concetto ed esempi di miglioramento continuo del prodotto	27
2.1. Metodologia di ricerca	27
2.2. Concetto, requisiti ed evoluzione del miglioramento continuo	28
2.2.1. Idea e filosofia dei sistemi di miglioramento continuo	28
2.2.2. Requisiti per la corretta implementazione dei sistemi di miglioramento continuo	30
2.2.3. Evoluzione del miglioramento continuo: dal cartaceo al digitale	34
2.3. Tipologie ed approcci ai sistemi di miglioramento continuo	39
2.3.1. Visual management e collaborative product innovation	39
2.3.2. Customer feedback systems	43
2.3.3. Knowledge and quality management systems	48

2.3.4.	Decision support systems	51
2.4.	Casi studio di sistemi di miglioramento continuo	54
2.5.	Lacune nei sistemi di miglioramento continuo e obiettivo del progetto di tesi	86
3.	Modello generalizzato: SharePoint per gestire il miglioramento continuo degli impianti	88
3.1.	Che cos'è SharePoint	88
3.2.	Altri servizi Office 365 connessi a SharePoint	90
3.3.	Perché utilizzarlo nel settore degli impianti industriali	92
4.	Pietro Fiorentini, tecnologie degli impianti di Upgrading e UCI System	94
4.1.	Pietro Fiorentini	95
4.1.1.	Stato dell'arte	95
4.1.2.	Le aree di business	96
4.1.3.	Origini e storia	98
4.1.4.	Lean Production	101
4.1.5.	Struttura organizzativa e valori aziendali	110
4.2.	Upgrading: dal biogas al biometano	112
4.2.1.	Introduzione	112
4.2.2.	Principio di funzionamento	115

4.2.3.	Tecnologie di Upgrading	117
4.2.3.1.	Solvent scrubbing	117
4.2.3.2.	Adsorption processes	122
4.2.3.3.	Cryogenic separation	125
4.2.3.4.	Hydrogenation processes	127
4.2.3.5.	Membrane separation	129
4.2.4.	Confronto tra le tecnologie	131
4.2.5.	Focus: upgrading tramite separazione a membrana	133
4.2.5.1.	Generalità	133
4.2.5.2.	Materiali e configurazioni delle membrane	135
4.2.5.3.	Configurazioni di processo	138
4.2.5.4.	Vantaggi	141
4.2.5.5.	Criticità e miglioramenti apportabili	142
4.3.	A3 Continuous Improvement	144
4.3.1.	Strumento Lean A3-PS	144
4.3.2.	A3-PS per il miglioramento continuo degli impianti	147
4.3.3.	Stato di gestione del miglioramento continuo per le commesse di Upgrading di Pietro Fiorentini	148
4.4.	UCI System	149

4.4.1.	Introduzione	149
4.4.2.	SharePoint Database	151
4.4.2.1.	Principio di funzionamento	151
4.4.2.2.	Homepage UCI SharePoint	152
4.4.2.3.	Database ticket	156
4.4.2.4.	Database azioni	159
4.4.3.	Raccolta dati: UCI Ticket System	163
4.4.3.1.	Introduzione	163
4.4.3.2.	Logica dei campi di compilazione	165
4.4.3.3.	Descrizione dettagliata dei campi ad inserimento	166
4.4.4.	Elaborazione dati: UCI Review System	171
4.4.4.1.	Introduzione	171
4.4.4.2.	Principio di funzionamento	173
4.4.4.3.	Logica dei campi di assegnazione della priorità	174
4.4.4.4.	Descrizione dettagliata dei campi ad inserimento aggiuntivi	178
4.4.5.	Elaborazione dati: UCI Product-Improvement System	179
4.4.5.1.	Introduzione	179
4.4.5.2.	Principio di funzionamento	181
4.4.5.3.	Descrizione dettagliata dei campi di inserimento	182

4.4.6.	Automatismi del sistema UCI	185
4.4.6.1.	Notifiche automatizzate	185
4.4.6.2.	Report statistici aggiornati in tempo reale	187
4.4.7.	Finalità del trattamento dati: Aggiornamento continuo della documentazione master	188
5.	Analisi risultati	191
5.1.	Efficacia dello strumento UCI System	191
5.2.	Confronto tra passato e presente nella gestione del miglioramento continuo per le commesse di Upgrading	194
5.3.	Limiti e criticità di UCI System	196
5.4.	Migliorie implementabili ad UCI System	198
5.5.	Trasversalità di UCI System	200
6.	Conclusioni	201
	Legenda	205
	Bibliografia	207

Indice delle figure

Fig. 1: differenze tra la percentuale di saving dovuta al C.I. nelle due aziende. [15]	32
Fig. 2: diagramma schematico che mostra la distribuzione dei requisiti fondamentali per un sistema digitale di miglioramento continuo. [16]	37
Fig. 3: schema di sistema di miglioramento prodotto con approccio digitale. [16]	38
Fig. 4: integrazione tra visual management, miglioramento continuo e gestione delle performance. [21]	40
Fig. 5: collaborazione, sviluppo prodotto ed innovazione. [22]	41
Fig. 6: esempio di framework digitale CPI. [22]	42
Fig. 7: livelli di maturità dei sistemi di CPI. [22]	42
Fig. 8: l'attività che stimola il miglioramento o la creazione di un nuovo prodotto è l'insoddisfazione dell'utente che fa le voci del customer. [17]	44
Fig. 9: matrice bidimensionale di sistemi di raccolta del feedback cliente a seconda della tipologia di segnalazione. [18]	45
Fig. 10: esempio di struttura per un CFS digitale. [19]	46
Fig. 11: valutazione di CFS secondo i criteri stabiliti da Jochen Wirtz and Monica Tomlin. [19]	47
Fig. 12: modello KQMS proposto dallo standard ISO9001. [20]	49
Fig. 13: schema della struttura di un QMS per il miglioramento continuo. [20]	50

Fig. 14: architettura del knowledge decision support model. [24]	52
Fig. 15: tabella preliminare di visual management per il miglioramento continuo. [21]	55
Fig. 16: tabella di stato dei progetti implicati nel miglioramento continuo. [21]	56
Fig. 17: tabella di riassunto dei risultati di alto profilo ottenuti tramite il sistema di miglioramento continuo. [21]	57
Fig. 18: schema approfondito del processo di lavoro del negozio di lettere. [23]	58
Fig. 19: modello di web-based visual decision support system. [23]	60
Fig. 20: Web-based Kanban. [23]	60
Fig. 21: (a) principio di documentazione per le MSEs di cacao in Perù. [26]	63
Fig. 22: (a) principio di customer-focus per le MSEs di cacao in Perù. [26]	63
Fig. 23: (a) principio di approccio process-based per le MSEs di cacao in Perù. [26]	64
Fig. 24: (a) principio di miglioramento continuo per le MSEs di cacao in Perù. [26]	64
Fig. 25: tabella con la documentazione necessaria alla MSEs peruviane per il C.I. [26]	65
Fig. 26: input del CFS di ADE. [27]	66

Fig. 27: output del CFS di ADE. [27]	67
Fig. 28: difetti riscontrati ed azioni correttive prese per i gusti dei monitor Barco. [27]	68
Fig. 29: cause riscontrate dei gusti dei monitor Barco. [27]	69
Fig. 30: step del processo di miglioramento continuo per una takt-time production. [28]	70
Fig. 31: modello di utilizzo delle PUI per il miglioramento prodotto. [30]	73
Fig. 32: flusso delle informazioni all'interno del sistema di miglioramento continuo. [30]	74
Fig. 33: estratto delle PUI dal database DWH. [30]	74
Fig. 34: pianificazione della struttura del sistema LEWIS. [29]	75
Fig. 35: schema dell'architettura del sistema LEWIS. [29]	76
Fig. 36: interfaccia web principale del sistema LEWIS. [29]	79
Fig. 37: esempio di inserimento dati in LEWIS System via portale web. [29]	80
Fig. 38: esempio di inserimento dati in LEWIS System via dispositivo mobile. [29]	80
Fig. 39: loop di miglioramento continuo basato sui feedback critici. [31]	82
Fig. 40: processo di knowledge management e output ottenibili. [31]	82

Fig. 41: schema dell'implementazione del Sistema di miglioramento continuo. [31]	83
Fig. 42: interfaccia di consultazione della piattaforma di knowledge management. [31]	84
Fig. 43: Presenza di Pietro Fiorentini S.p.a. in Italia e nel mondo. [2]	95
Fig. 44: Aree di business di Pietro Fiorentini. [2]	96
Fig. 45: Schematizzazione dei principi del TPS attraverso la struttura di una casa. [internet]	102
Fig. 46: Esempio di Value Stream Map. [internet]	107
Fig. 47: Esempio di Spaghetti Chart. [internet]	108
Fig. 48: Principio di Upgrading al biometano. [4]	113
Fig. 49: Ripartizione geografica degli impianti di Upgrading presenti ad oggi nei paesi membri dell'International Energy Agency ⁶ . [6]	114
Fig. 50: Ripartizione delle diverse tecnologie di Upgrading ad oggi negli impianti presenti nei paesi membri dell'International Energy Agency. [6]	116
Fig. 51: schema di processo di Upgrading mediante water scrubbing “a singolo passaggio” (a) e con “assorbimento rigenerativo” (b). [6]	119
Fig. 52: schema di processo di Upgrading mediante organic-solvent scrubbing. [6]	120
Fig. 53: schema di processo di Upgrading mediante chemical scrubbing. [6]	121

Fig. 54: schema di processo di Upgrading mediante PSA. [6]	124
Fig. 55: schema di processo di Upgrading mediante cryogenic separation. [6]	126
Fig. 56: Schema generico del processo di Upgrading tramite membrane selettive. [5]	130
Fig. 57: tabella dei vantaggi e svantaggi delle tecnologie di upgrading. [6]	131
Fig. 58: costi di investimento e operativi delle principali tecnologie di upgrading. [6]	132
Fig. 59: Tabella delle proprietà delle tre tipologie principali di membrane. [6]	137
Fig. 60: Tabella dei principali produttori di membrane con configurazioni e materiali. [6]	137
Fig. 61: Configurazioni di processo a membrane. [6]	139
Fig. 62: Struttura dell'A3-PS. [3]	144
Fig. 63: versione originale dell' "A3-PS Continuous Improvement".	147
Fig. 64: Service Board per gli impianti di Upgrading	148
Fig. 65: principio di funzionamento del database SharePoint UCI, connesso alle applicazioni UCI Ticket System, UCI Review System, UCI Product-Improvement System.	151
Fig. 66: homepage di SharePoint UCI.	152
Fig. 67: UCI Analytics, esempio di filtro settimanale applicato.	153

Fig. 68: Collegamenti ai database SharePoint UCI sulla homepage.	154
Fig. 69: Collegamenti alle applicazioni Power App UCI sulla homepage.	155
Fig. 70: Collegamenti alle applicazioni Power App UCI sulla homepage.	155
Fig. 71: esempio di visualizzazione del database ticket di SharePoint UCI.	156
Fig. 72: visualizzazioni del database ticket di SharePoint UCI.	157
Fig. 73: esempio di ticket non chiusi (a) e di ticket chiusi (b).	158
Fig. 74: esempio di visualizzazione del database azioni di SharePoint UCI.	159
Fig. 75: visualizzazioni del database azioni di SharePoint UCI.	160
Fig. 76: primo step per generare una nuova azione dal database azioni UCI.	161
Fig. 77: secondo step per generare una nuova azione dal database azioni UCI.	161
Fig. 78: terzo step per generare una nuova azione dal database azioni UCI.	161
Fig. 79: dettaglio del campo ad inserimento della percentuale di completamento azione nel database azioni UCI.	162
Fig. 80: esempio di azioni completate e di azioni in lavorazione nel database azioni UCI.	162

Fig. 81: applicazione UCI Ticket System.	163
Fig. 82: logica dei campi di compilazione di UCI Ticket System.	165
Fig. 83: UCI Ticket System, campo ad inserimento “Titolo”.	166
Fig. 84: UCI Ticket System, campo ad inserimento “Data”.	166
Fig. 85: UCI Ticket System, campo ad inserimento “Utente ticket”.	166
Fig. 86: UCI Ticket System, campo ad inserimento “Tipologia ticket”.	167
Fig. 87: UCI Ticket System, campo ad inserimento “TAG componente”.	167
Fig. 88: UCI Ticket System, campo ad inserimento “Provenienza ticket”.	167
Fig. 89: UCI Ticket System, campo ad inserimento “Fase di rilievo”.	168
Fig. 90: UCI Ticket System, campo ad inserimento “Commessa”.	168
Fig. 91: UCI Ticket System, campo ad inserimento “TAG componente”.	168
Fig. 92: UCI Ticket System, campo ad inserimento “Descrizione”.	169
Fig. 93: UCI Ticket System, campo ad inserimento “Immagine”.	169
Fig. 94: UCI Ticket System, campo ad inserimento “Suggerimento”.	169
Fig. 95: UCI Ticket System, campo ad inserimento “Problema risolto?”.	170
Fig. 96: UCI Ticket System, campo ad inserimento “Descrizione risoluzione problema”.	170
Fig. 97: UCI Ticket System, campo ad inserimento “Immagine risoluzione problema”.	170

Fig. 98: applicazione UCI Review System.	171
Fig. 99: dettaglio schermata di UCI Review System.	173
Fig. 100: Logica di valutazione “SQDCO”.	174
Fig. 101: Tipologie di Safety, Quality e Delivery.	175
Fig. 102: UCI Review System, campo ad inserimento “Commenti revisione”.	178
Fig. 103: UCI Review System, campo ad inserimento “Tipologia ticket”.	178
Fig. 104: UCI Review System, campo ad inserimento “Ticket rifiutato”.	178
Fig. 105: applicazione UCI Product-Improvement System.	179
Fig. 106: dettaglio schermata di UCI Product-Improvement System.	181
Fig. 107: UCI Product-Improvement System, campo ad inserimento “Modifica della valutazione SQDCO”.	182
Fig. 108: UCI Review System, campo ad inserimento “Azioni Product-Improvement”.	183
Fig. 109: UCI Review System, campo ad inserimento “Commenti valutazione”.	183
Fig. 110: UCI Review System, campo ad inserimento “Ticket rifiutato”.	184
Fig. 111: schema del principio delle notifiche automatiche nel sistema UCI.	185

Fig. 112: notifica creazione di un nuovo ticket nel gruppo Microsoft Teams del progetto UCI.	186
Fig. 113: notifica di assegnazione di una azione di miglioramento-prodotto via e-mail.	186
Fig. 114: notifica di promemoria della deadline per il completamento dell'azione assegnata.	186
Fig. 115: matrice della documentazione master per le commesse degli impianti di Upgrading.	188
Fig. 116: esempio di aggiornamento della chek-list master in seguito alla chiusura dei ticket UCI.	189
Fig. 117: esempio di aggiornamento del P&ID master in seguito alla chiusura dei ticket UCI.	189
Fig. 118: esempio di aggiornamento della guida di progettazione master in seguito alla chiusura dei ticket UCI.	190
Fig. 119: confronto tra ticket aperti e chiusi mensilmente da gennaio 2022 ad ottobre 2023.	191
Fig. 120: andamento del KPI da gennaio 2022 ad ottobre 2023.	192

Introduzione

Il presente documento è stato redatto durante il tirocinio svolto presso Pietro Fiorentini S.p.A., gruppo leader nella realizzazione di prodotti e servizi avanguardistici per tecnologia e sostenibilità nel settore dell'estrazione di petrolio e gas naturale, trasporto di gas pressurizzato e produzione di gas rinnovabili.

Il progetto di tesi si colloca nell'ambito delle energie rinnovabili ed in particolare nel settore del biometano, che insieme alle tecnologie di power-to-gas e degli impianti ad idrogeno, costituisce il fulcro aziendale della ricerca e dell'implementazione di soluzioni energetiche sempre meno impattanti dal punto di vista ecologico.

Durante la permanenza in azienda è stato possibile acquisire una conoscenza globale dei sistemi e del processo di Upgrading, tramite il quale è ottenuto il biometano commercialmente utilizzabile a partire dal biogas esalato da diverse tipologie di materiale organico di scarto.

L'idea di questo progetto nasce dall'esigenza pratica di creare un flusso di lavoro specifico per aumentare l'efficacia e l'efficienza della gestione di ogni forma di segnalazione interna ed esterna inerente a problematiche o possibili miglioramenti apportabili agli impianti di Upgrading, al fine di predisporre uno strumento che consenta alla divisione del biometano di Pietro Fiorentini di migliorare in modo costante e continuativo ogni aspetto del processo, del prodotto e del servizio commercializzato.

Illustrando i vari capitoli del corrente elaborato, troviamo innanzitutto la presentazione della problematica dalla quale è nata l'idea del progetto di tesi, che viene affrontata sia da un punto di vista generale di impiantistica industriale che dalla prospettiva interna a Pietro Fiorentini.

Successivamente, nel secondo capitolo, viene presentato il risultato della ricerca in letteratura dello stato attuale di trattamento dei processi di miglioramento continuo, al fine di fare il punto su che tipologia di approccio venga utilizzato in materia oggi.

Quindi, nel terzo capitolo, viene presentata l'idea alla base del sistema sviluppato per gli impianti upgrading del Gruppo Fiorentini da una prospettiva generale, cercando di decontestualizzarla dall'ambiente nella quale è stata sviluppata al fine di illustrare quale possa essere la potenzialità intrinseca in ambito industriale di uno strumento come quello concepito.

Il quarto capitolo si sviluppa facendo innanzitutto una panoramica sul gruppo Pietro Fiorentini, presentando lo stato attuale dell'azienda, le origini ed il suo percorso di crescita nel corso degli oltre ottant'anni di attività. Vengono quindi approfonditi i metodi ed i principi della Lean Production adottata da Fiorentini da fine anni Novanta, che hanno contribuito significativamente a delineare la struttura ed i valori aziendali che tuttora contraddistinguono il Gruppo. In questo capitolo viene illustrato inoltre il processo di upgrading del biogas in biometano, presentandone il principio di funzionamento per poi approfondire le varie tecnologie sperimentali ed in commercio, soffermandosi in particolare sull'Upgrading tramite separazione a membrana adottato da Pietro Fiorentini. Si entra quindi nel dettaglio operativo del progetto di tesi: viene presentato lo strumento Lean A3-PS per il miglioramento continuo, per introdurre l'A3-PS Continuous Improvement che costituisce le fondamenta del lavoro svolto. Una volta delineate le condizioni iniziali da cui ha preso forma il progetto viene presentato l'UCI System, che viene declinato in tutti i suoi aspetti presentandone l'idea alla base, il funzionamento, la struttura ed il risultato della sua messa in opera.

Il quinto capitolo sintetizza i risultati ottenuti dall'UCI System presentando un confronto tra lo stato di gestione del miglioramento continuo degli impianti precedente e successivo all'introduzione dello strumento, evidenziando l'efficacia e la trasversalità del sistema adottato oltre che i limiti, le criticità e le possibili migliorie apportabili.

Infine, vengono tratte le conclusioni del progetto portato a termine nel corso dei mesi di lavoro nel sesto ed ultimo capitolo dell'elaborato.

1. Presentazione del problema

1.1. Miglioramento continuo e standardizzazione degli impianti

Come ogni ambito industriale, il settore degli impianti industriali di Oil & Gas ed in generale di ogni risorsa fossile o rinnovabile è caratterizzato da sfide sempre più importanti, che contrappongono l'esigenza di fornire un prodotto, un processo ed un servizio efficienti, affidabili e all'avanguardia con la necessità dei produttori di abbattere i costi, essere tecnologicamente competitivi e di innovare per distinguersi dalla concorrenza.

Il passo più importante e forse più difficile rimane quello della standardizzazione del processo e del prodotto, che nel caso di impianti ETO (engineering to order) come quelli di upgrading al biometano risulta complesso per innumerevoli aspetti: innanzitutto è necessario rapportarsi con le prerogative di una clientela esigente e variegata, a seconda della quale vengono accordati determinati vincoli sia progettuali che esecutivi; è necessario inoltre far fronte al costante progresso tecnologico e alle regolamentazioni brevettuali che influenzano attivamente la realizzazione e la gestione degli impianti; in aggiunta, risulta di fondamentale importanza l'adeguamento costante ai parametri cardine che normano l'adesione alle sovvenzioni nazionali ed internazionali che incentivano i possibili acquirenti all'acquisto degli impianti.

Per i suddetti motivi risulta vitale per le aziende del settore e nello specifico per Pietro Fiorentini monitorare adeguatamente lo stato d'essere dei sistemi in opera e delle strutture in realizzazione, tenendo traccia di ogni problematica occorsa e di ogni possibile miglioria implementabile nelle commesse presenti o future, al fine di migliorare in modo continuativo il proprio prodotto, processo e servizio, per innovare costantemente e per disporre degli adeguati strumenti utili alla standardizzazione degli impianti.

1.2. Gestione attuale della problematica in Pietro Fiorentini

All'interno del Gruppo Pietro Fiorentini, oltre alla produzione di componentistica standard per impianti, vengono realizzati su commessa interi sistemi di trattamento di varie tipologie di gas, tra i quali anche gli impianti di upgrading al biometano, che essendo prodotti "on order" (dall'inglese: su ordine del cliente) sono soggetti alle necessità di standardizzazione e continuo miglioramento discusse nel precedente paragrafo.

La gestione dei suddetti aspetti viene attualmente controllata tramite i metodi propri del Lean Management e nello specifico della filosofia Kaizen (dal giapponese: miglioramento continuo) che prevedono l'utilizzo di strumenti per lo più visivi, atti a tenere traccia delle problematiche occorse e delle migliorie apportabili nelle varie commesse. Tra i metodi adoperati figura la Service Board che consiste nella stampa in formato A0 (841 mm x 1189 mm) di rappresentazioni CAD tridimensionali degli impianti sulle quali è possibile affiggere in corrispondenza di ogni elemento dell'impianto i post-it contenenti un'annotazione utile a tener traccia della criticità o del suggerimento correlato.

Dovendo fronteggiare la necessità di digitalizzazione anche degli strumenti di miglioramento continuo si è reso necessario affiancare alle metodologie tradizionali dell'approccio Kaizen un flusso di lavoro digitale che oltre a monitorare lo stato attuale delle segnalazioni consenta di storicizzare ogni modifica apportata in passato e permetta di disporre di una documentazione tecnica di partenza costantemente aggiornata per la creazione di ogni nuovo impianto.

2. Analisi della letteratura: concetto ed esempi di miglioramento continuo del prodotto

2.1. Metodologia di ricerca

Le ricerche nel merito del lavoro di tesi sono state condotte sulle piattaforme di consultazione di articoli di letteratura scientifica scopus.com e webofscience.com.

Le analisi sono state incentrate sulla ricerca di materiale inerente alla definizione, agli scopi ed alle modalità di implementazione di sistemi e piattaforme di miglioramento continuo e sviluppo del prodotto.

Di seguito vengono riportate le parole chiave delle query di ricerca che hanno prodotto i migliori risultati a questo riguardo, ricercate prevalentemente all'interno del titolo, dell'abstract e delle keywords degli articoli. Le keywords sono: “collaborative product innovation system”, “decision support system”, “feedback system”, “quality management system”, “continuous improvement platform”, “continuous improvement system”, “collaboration platform”, “support platform”, “product continuous improvement”, “product development”, “CPI”, “continuous improvement methods”.

Successivamente, gli articoli pertinenti ottenuti per combinazione delle parole chiave sopracitate sono stati filtrati per area di appartenenza, limitando l'output agli ambiti engineering e management per focalizzare il bacino di risultati sulla letteratura di interesse. Si è pervenuti quindi a ventidue articoli dal cui contenuto sono stati tratti i paragrafi del capitolo in essere e grazie ai quali ho suddiviso in cinque macrocategorie gli approcci al miglioramento continuo, declinandoli in sistemi di “visual management”, “collaborative product innovation”, “customer feedback”, “knowledge and quality management” e “decision support”.

2.2. Concetto, requisiti ed evoluzione del miglioramento continuo

2.2.1. Idea e filosofia dei sistemi di miglioramento continuo

I sistemi di miglioramento continuo nascono nel panorama di approccio metodologico Lean, come strumenti di concretizzazione della filosofia Kaizen. La parola giapponese kaizen significa “miglioramento continuo” e si riferisce ad un processo che deve coinvolgere ogni figura aziendale; il concetto Kaizen evidenzia le differenze esistenti tra il management dell’Europa occidentale e quello giapponese: infatti, il modo di pensare europeo è focalizzato su risultati rapidi e sulle innovazioni, mentre quello giapponese sul miglioramento del processo. Il termine è apparso per la prima volta in campo scientifico nel 1993, come vocabolo inglese nel New Shorter Oxford English Dictionary, nel quale figurava come: “miglioramento continuo delle pratiche lavorative, miglioramento dell’efficienza personale (...)”. In generale, la base del Kaizen è il presupposto che l’uomo debba tendere all’eccellenza. Contrariamente all’innovazione e all’enfasi sui risultati preferite in Europa, l’approccio Kaizen presuppone l’introduzione di cambiamenti, il cui carattere dovrebbe essere piccolo e graduale, il che significa miglioramento continuo. I compiti principali della filosofia includono l’implementazione di miglioramenti, standardizzazione e standard aggiornati e, in caso di individuazione di irregolarità, il controllo del processo (concepito come un processo continuo). Il continuo progresso in ambito organizzativo, informatico e tecnologico consente alle aziende di mantenere la competitività sul mercato e un elemento importante della gestione aziendale è ottenere informazioni sullo stato attuale del sistema produttivo. Grazie a queste attività viene migliorata la qualità del prodotto e la possibilità di modificare in modo flessibile l’assortimento dello stesso, consentendo alle aziende di adattarsi facilmente alle mutevoli esigenze del mercato. L’introduzione degli strumenti di miglioramento continuo non richiede un elevato dispendio finanziario poiché la sua messa in opera è possibile senza l’uso di tecniche complicate, sistemi IT avanzati e costosi e l’implementazione di tecnologie moderne, in quanto pur necessitando di adeguati strumenti si concentra

sulla cooperazione tra le persone. Secondo Cwikla et al. (2018), concettualmente, i dipendenti delle compagnie che applicano l'ideologia Kaizen dovrebbero svolgere due funzioni principali di mantenimento e miglioramento. Chi svolge la funzione di mantenimento dovrebbe occuparsi di dare continuità agli attuali standard tecnologici, gestionali e operativi, mentre gli addetti alla continua innovazione dovrebbero intraprendere azioni relative al miglioramento degli standard esistenti. Una volta stabilite le direttive e i regolamenti, è possibile procedere al monitoraggio della conformità mediante procedure e sistemi adottati. Il flusso di miglioramento continuo deve riguardare i dipendenti a tutti i livelli, compresi i neoassunti che attenendosi alle istruzioni stabilite hanno modo di arricchire le proprie competenze e contribuire attivamente al processo attraverso l'utilizzo degli appositi sistemi. [14]

2.2.2. Requisiti per la corretta implementazione dei sistemi di miglioramento continuo

Secondo Cwikla et al. (2018), il primo passo nell'implementazione di un sistema Kaizen è quello di avviare il ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act), che consiste in un metodo iterativo di design e management utilizzato nelle aziende per il controllo del miglioramento continuo dei prodotti e dei processi. Alcuni dei requisiti di base da implementare nell'attuazione della strategia di continuo miglioramento sono i seguenti: (1) Hoshin kanri - il top management dovrebbe sviluppare una strategia a lungo termine sulla base della quale verranno sviluppate strategie a breve termine; tutti i manager dovrebbero quindi definire una strategia dal piano all'implementazione, e quindi istruire il personale a valle nella sua attuazione; la strategia che attraversa le fasi successive della gerarchia dovrebbe essere arricchita con azioni sempre più specifiche; (2) Sistema di suggerimenti - si tratta principalmente di promuovere il pensiero Kaizen e rafforzare l'autodisciplina tra i dipendenti, cosa che deve essere ottenuta incoraggiando questi ultimi a discutere le loro idee confrontandosi con i manager e ad ampliare il più possibile il bacino di suggerimenti promuovendo la massima interazione sia in ambiente aziendale che con il cliente; (3) TQC/TQM - "Total Quality Control o Total Quality Management", controllo di qualità completo, attraverso l'adozione di strumenti aggiornati e al passo con i tempi per l'implementazione dei processi di miglioramento continuo, che siano in grado di contribuire all'aumento della qualità dei prodotti e dei processi, monitorando lo stato corrente; (4) Rispetto della filosofia "Just In Time" - tutte le attività che non generano valore aggiunto non sono necessarie e pertanto è indispensabile creare un flusso di lavoro che ottimizzi gli sprechi di tempo e di risorse, andando poi a veicolare e canalizzare il flusso delle informazioni senza renderle ridondanti ed evitando al contempo la perdita di dettaglio; (5) Cooperazione - nella filosofia Kaizen risulta fondamentale la collaborazione interna e quindi gli strumenti di miglioramento continuo devono invitare a riflettere, lavorare ed implementare le azioni correttive e migliorative in gruppo. [14]

Nella ricerca condotta da Butler et al. (2018) è possibile evincere quali siano gli aspetti fondamentali della corretta implementazione di un sistema di miglioramento continuo (continuous improvement - C.I). Nell'articolo viene descritto un confronto tra due sistemi di C.I introdotti in due realtà industriali britanniche, che nonostante abbiano iniziato il processo di adozione del Kaizen dallo stesso tempo e secondo approcci simili hanno riscontrato un'efficacia in termini economici totalmente diversa. [15]

Lo stabilimento dell'azienda 1 (Plant 1) fa parte di una rete produttiva internazionale di dieci sedi. La facility dispone di diverse linee di assemblaggio, di un reparto presse metalliche e di un'area di verniciatura. La genesi dello sviluppo di C.I in questa azienda è stata l'implementazione di una nuova strategia di produzione, guidata dal direttore di produzione, che includeva la formazione dei leader del team di produzione dello stabilimento in VSM (Value Stream Mapping) e strumenti Lean Six Sigma¹. Il risultato di questa iniziativa è stato il completamento di 20 importanti progetti di miglioramento dell'efficienza delle linee di produzione in un periodo di tre anni. In questo caso, è stata ottenuta solo una partecipazione limitata del reparto produttivo al programma. In quel momento, nessun altro membro dei team di produzione aveva ricevuto un tipo di formazione simile sulle tecniche di problem solving. Invece, l'azienda 2 fa parte di una rete produttiva più piccola e dispone di numerose linee di miscelazione e confezionamento degli ingredienti che producono prodotti liquidi e in polvere confezionati. In questo caso, l'origine dello sviluppo di un sistema di miglioramento continuo è stata l'osservazione dei proprietari che nel corso degli anni hanno intuito la propensione e l'interesse dei dipendenti a migliorare le prestazioni dell'azienda. A tal fine, alcuni di questi sono stati selezionati per frequentare un corso di formazione esterno sulle pratiche Lean Six Sigma mentre la formazione interna di tutti i dipendenti consisteva in una formazione sulle operazioni di gestione snella di base e su strumenti e tecniche di risoluzione dei problemi come 5S, PDCA e brainstorming. È stata istituita un'ora Kaizen nel tempo di produzione per discutere le azioni necessarie per eliminare le interruzioni

della linea di produzione e i problemi di qualità del prodotto. La direzione ha riscontrato che gli operatori non solo erano bravi a identificare i problemi di produzione ma anche ad offrire soluzioni. Tutti i dipendenti devono ora presentare quattro proposte di C.I del processo, del prodotto o del servizio all'anno. La figura 1 presenta i risultati in termini di percentuale di risparmio sul costo manifatturiero dovuti all'implementazione del miglioramento continuo per le due aziende in analisi ed è possibile evincere come la direzione dello stabilimento 1 sia riuscita inizialmente a motivare la propria forza lavoro a partecipare alle attività di C.I ma non sia stata in grado di mantenere il proprio impegno nel tempo, mentre la direzione dello stabilimento 2 non solo ha ispirato la propria forza lavoro a impegnarsi in attività di miglioramento continuo, ma è stata anche in grado di sostenere il loro coinvolgimento attivo nel corso degli anni. [15]

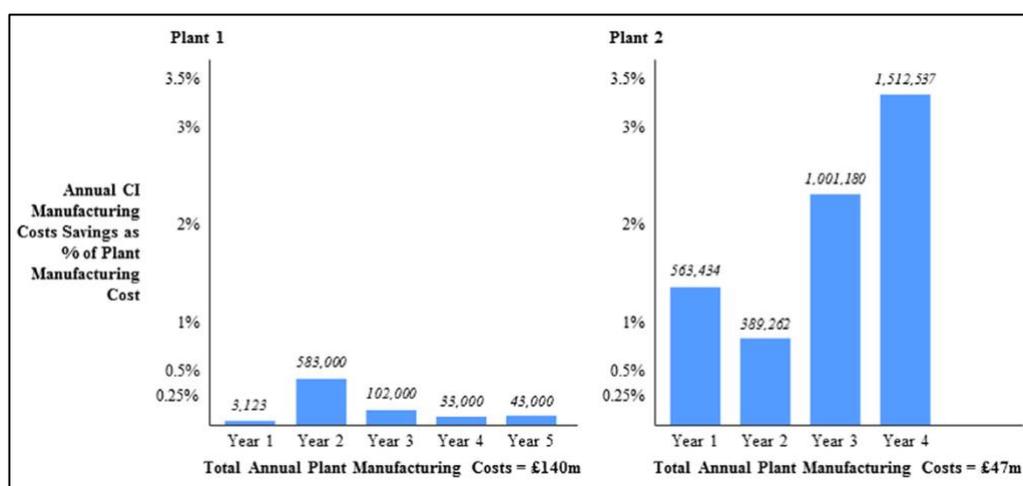


Fig. 1: differenze tra la percentuale di saving dovuta al C.I. nelle due aziende. [15]

Da questo caso studio si possono riassumere i fattori principali necessari alla corretta e fruttuosa implementazione delle procedure di miglioramento continuo. Il primo fattore è che il C.I della performance operativa dovrebbe essere considerato come un Key Performance Indicator (KPI). Dovrebbe essere pertanto creata una piattaforma o sistema che permetta di mantenerlo regolarmente monitorato, segnalato e che permetta la visualizzazione grafica delle sue prestazioni. La ripetuta rendicontazione di questo KPI genererà una cultura di

responsabilità collettiva simile a quella stabilita per la gestione della sicurezza e della qualità. Di conseguenza, è raccomandabile che gli obiettivi di risparmio dei costi attraverso il C.I siano fissati insieme agli altri che costituiscono i KPI dell'impianto e gestiti allo stesso modo. Il secondo fattore di gestione del programma C.I è lo sviluppo di una cultura di "empowerment" (dall'inglese: responsabilizzazione, presa di coscienza) dei dipendenti in cui i risultati ottenuti in termini di miglioramento delle prestazioni produttive da parte dei dipendenti di ufficio e di produzione vengono formalmente segnalati a tutti all'interno dello stabilimento e celebrati. I risultati di questo studio portano a concludere che uno schema di ricompensa e riconoscimento adeguatamente progettato abbia un'influenza positiva sullo sforzo compiuto dai dipendenti per sostenere un programma di C.I aziendale. Il terzo fattore e motore di uno slancio per migliorare continuamente le prestazioni produttive dell'impianto, sono gli incontri a cadenza ravvicinata e regolare, programmati per informare sullo stato di avanzamento del processo e per discutere le azioni necessarie per risolvere o eliminare eventuali problemi incontrati. Le evidenze riscontrate suggeriscono che l'adozione di una struttura a più livelli di incontri settimanali e riunioni di revisione delle prestazioni (di management, progettazione e produzione) consenta sia di innalzare la velocità di reazione alla risoluzione dei problemi sia la revisione delle idee proposte. La gestione della capacità necessaria per mettere in atto le iniziative di C.I approvate può essere realizzata tramite un apposito sistema di monitoraggio del progetto. Il quarto fattore riguarda invece il processo di comunicazione, in particolare quello ideato per gestire l'accettazione o il rifiuto delle proposte di miglioramento continuo, che dovrebbe essere evoluto, trasparente ed efficiente. La velocità del feedback sulle decisioni prese e sulle idee di C.I motiva e crea uno slancio di miglioramento. Infine, il quinto fattore di gestione del programma di miglioramento continuo è l'inclusione dell'empowerment dei dipendenti nel piano strategico, in particolare risulta importante la loro inclusione nella dichiarazione di visione aziendale. [15]

2.2.3. Evoluzione del miglioramento continuo: dal cartaceo al digitale

In molte aziende i processi di miglioramento continuo vengono attualmente avanzati in modo completamente non strutturato oppure con approccio tradizionale, con documentazione cartacea come professato dalla teoria del Lean management classico. Questa situazione si contrappone alla realtà corrente, nella quale l'incessante crescita e la mole delle informazioni di processo e prodotto da gestire costringono ogni progetto e flusso di lavoro ad essere supportato da strumenti digitali.

Secondo Hambach et al. (2017), i concetti di digitalizzazione possono supportare l'efficacia e l'efficienza di un sistema C.I e nell'articolo, lo studioso pone come obiettivo l'analisi delle problematiche degli attuali sistemi di miglioramento continuo in essere e la definizione degli elementi fondamentali di una piattaforma digitale di miglioramento continuo che contrapposto all'approccio analogico, facilita la comunicazione tra le figure coinvolte, permette di fruire e storicizzare correttamente le informazioni ed è maggiormente propedeutico all'apprendimento dei dipendenti durante il processo di miglioramento. [16]

Oggi, a seconda del sistema di C.I utilizzato si presentano diverse sfide nella loro applicazione pratica, in tal senso si possono distinguere due categorie di problemi: (a) sfide nell'ambito del miglioramento della routine quotidiana di approccio e (b) gestione dell'organizzazione e dell'infrastruttura che supporta il sistema di miglioramento continuo. Per quanto riguarda le prime, per esse costituiscono un problema soprattutto le competenze mancanti delle persone che partecipano al processo di C.I. Le casistiche spaziano dalla semplice scarsa partecipazione per mancanza di conoscenza dell'esistenza di un sistema di miglioramento continuo alla mancanza di competenze concrete di risoluzione dei problemi e di conoscenza di strumenti e metodi che potrebbero risolvere i problemi riscontrati. Inoltre, strumenti inadatti al supporto del flusso di lavoro di C.I e l'impossibilità di condividere informazioni in modo efficiente e completo aumentano la frustrazione riguardo all'effettivo utilizzo del sistema. Nel secondo

caso invece, le aziende riscontrano tutt'oggi gravi problemi nell'implementazione e nella standardizzazione di un sistema C.I efficace a livello aziendale, paradossalmente infatti i sistemi di miglioramento continuo esistenti richiedono spesso troppo tempo e risorse per essere supportati e gestiti rispetto a ciò che l'azienda mette a disposizione. Anche il mancato raggiungimento degli obiettivi di miglioramento e quindi le incertezze sul contenuto e sullo scopo del progetto sono aspetti delicati e ciò si manifesta soprattutto quando gli obiettivi vengono fissati ma non utilizzati, aggiornati e comunicati continuamente. [16]

Quindi, sulla base dei difetti riscontrati nei moderni sistemi di C.I "analogici", un approccio di miglioramento continuo digitale deve far fronte a queste problematiche in modo completo e per tale ragione deve essere caratterizzato da alcuni elementi di base. Innanzitutto, deve avvalersi delle cosiddette "figure chiave" (1) che devono essere coinvolte nel sistema e che permettono di rendere quantificabile i target aziendali; lo strumento tramite cui questi obiettivi vengono formulate è chiamato "Target State" (2a), che si contrappone al "Current State" (2b) che rappresenta invece lo strumento di informazione sulla situazione attuale. L'approccio dedicato al processo concreto di miglioramento deve essere il cosiddetto "PDCA cycle" (3); il ciclo Plan-Do-Check-Act è un metodo di problem-solving che aiuta nel superamento degli ostacoli verso gli obiettivi prefissati e che deve essere il cardine di qualsiasi strumento di miglioramento continuo. Il miglioramento deve procedere a piccoli passi con l'aiuto di singoli tentativi (4), quindi dopo un ciclo di successo il sistema deve potersi adattare alle nuove condizioni. Il primo obiettivo che deve essere raggiunto dal sistema di C.I sono processi e standard stabili (5). Uno standard è la migliore implementazione attuale per un'attività e i processi standardizzati sono il punto di partenza e il prerequisito per ogni processo duraturo di miglioramento continuo. Gli standard devono essere definiti, documentati, visualizzati e comunicati alle persone; infatti, solo mediante uno standard è possibile confrontare lo stato attuale con lo stato desiderato e valutare una misura di miglioramento (attualmente il report cartaceo A3 viene utilizzato per documentare i processi nel ciclo di risoluzione dei problemi

e funge anche da strumento di comunicazione all'interno dell'azienda). Inoltre, è necessario prevedere uno strumento che permetta la gestione della conoscenza o "knowledge management" (6), che garantisca un accesso rapido e affidabile a queste conoscenze e che semplifichi la diffusione di queste dal singolo individuo al know-how collettivo. Parte del knowledge management è anche l'aspetto di "coaching" (7) che prevede la messa in opera di una formazione trasversale sul sistema di C.I, che coinvolga tutte le sfere aziendali e che si alimenti con idee e opinioni di tutti, evolvendosi nel tempo di pari passo con la piattaforma. È necessario quindi introdurre il concetto di competenza (10) intesa come "capacità di agire in modo indipendente"; in tal senso, il compito principale del sistema di miglioramento continuo e di chi lo gestisce non è il processo di miglioramento in sé, ma lo sviluppo della capacità di miglioramento del dipendente e quindi l'aumento della competenza dello stesso. Infine, è opportuno considerare che la base per tutti i tipi di processi di miglioramento sono i dipendenti motivati (12) in quanto ogni sistema sviluppato non rappresenta nulla senza l'accettazione e sull'impegno di tutti i dipendenti dell'azienda, perciò se viene a mancare il riconoscimento il processo di C.I non avrà successo a lungo termine. In conclusione, questi elementi costituiscono la base funzionale per un concetto di C.I digitale, che se correttamente implementati permettono di sopperire alle mancanze ed evitare i problemi descritti a riguardo degli attuali sistemi di miglioramento continuo. [16]

A riguardo delle caratteristiche strettamente tecniche della ideale piattaforma digitale di C.I, i ricercatori propongono una visualizzazione schematica (figura 2) dei requisiti per la sua corretta implementazione, che sono stati ottenuti attraverso un'analisi di Delphi² e che vengono riportati di seguito. [16]

- *R1*: i dati aggiornati in tempo reale supportano l'analisi del flusso di valore.
- *R2*: l'archiviazione connessa dei dati e l'accesso alle informazioni tramite piattaforme di ricerca supportano la distribuzione della conoscenza del C.I all'interno dell'azienda. Ciò stimola anche la comunicazione oltre a motivare ed arricchire i dipendenti.

- *R3*: la visualizzazione del collegamento tra la strategia aziendale e gli stati effettivi/obiettivi aumenta la propensione dei dipendenti al miglioramento continuo. Gli editor digitali per flussi di valore, cicli PDCA e i relativi dati di processo semplificano questa necessità nei processi di C.I.
- *R4*: i sistemi IT nei processi aziendali, nella pianificazione e nella produzione aiutano ad allineare gli stati target con gli obiettivi generali di un'azienda.
- *R5*: la “user-friendliness” (dall'inglese: semplicità di utilizzo e di fruizione del contenuto) e la componente Social dello strumento digitale stimola i processi di C.I.
- *R6*: il coaching sulla piattaforma deve essere costantemente aggiornato, aumentando così anche la competenza dei dipendenti.
- *R7*: nell'ambito della documentazione e distribuzione della conoscenza, i dipendenti devono poter mantenere l'autonomia dei dati raccolti sul loro lavoro o comportamento e disporre al contempo di strumenti che agevolino la trasmissione delle informazioni e del know-how qualora sia utile. [16]

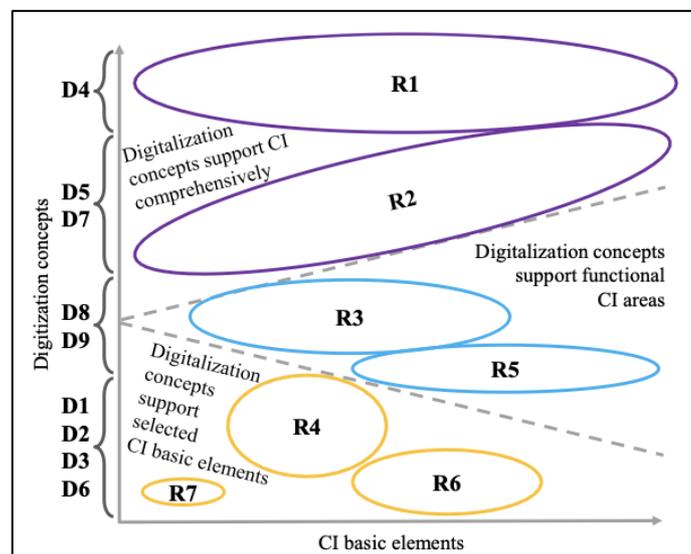


Fig. 2: diagramma schematico che mostra la distribuzione dei requisiti fondamentali per un sistema digitale di miglioramento continuo. [16]

Di seguito viene proposto uno schema di sistema digitale di miglioramento continuo. [16]

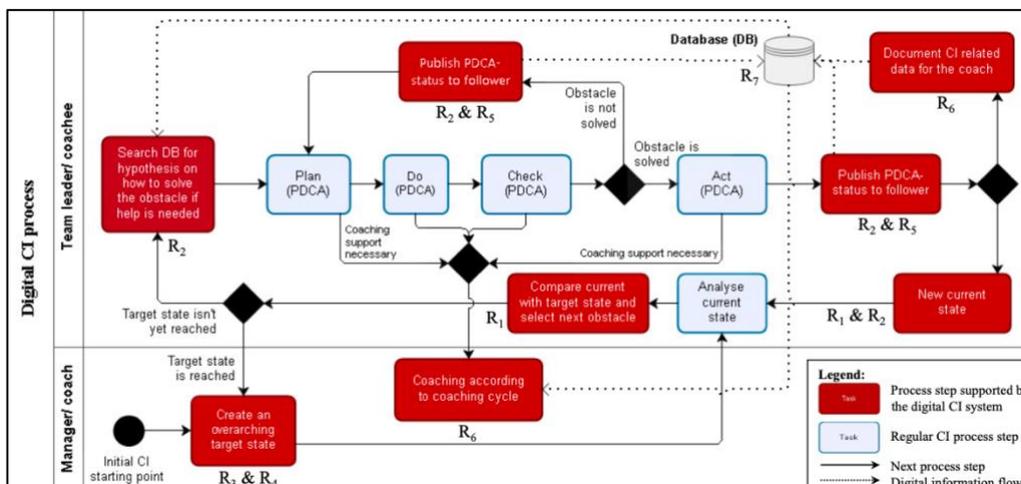


Fig. 3: schema di sistema di miglioramento prodotto con approccio digitale. [16]

2.3. Tipologie ed approcci ai sistemi di miglioramento continuo

2.3.1. Visual management e collaborative product innovation

Le tipologie di sistemi di miglioramento continuo che verranno presentate nei successivi paragrafi hanno tutte come riferimento l'approccio di "collaborative product innovation and visual management", ossia di innovazione collettiva veicolata attraverso sistemi di visualizzazione del flusso di informazioni.

I moderni strumenti di gestione visiva sono stati sviluppati come eredi delle tecniche ideate nel Toyota Production System (TPS). Conoscendo i cinque valori culturali del TPS, ossia il flusso, il valore, l'armonia, la perfezione e la mentalità scientifica, la collaborazione collettiva attraverso il visual management risulta lo strumento ideale per adempiere con strumenti moderni ai capisaldi del TPS. Comunicando le metriche, gli obiettivi e le prestazioni attuali in modo semplice e aperto, consente un flusso di informazioni efficace ed efficiente. Introducendo trasparenza e disciplina nel sistema, responsabilizza le persone ed evidenzia gli ostacoli che alterano l'armonia e allontanano le squadre dal raggiungimento degli obiettivi. A condizione che gli obiettivi siano definiti in base agli obiettivi strategici dell'azienda e alle esigenze del cliente, si armonizzano anche gli sforzi del team con le esigenze dell'azienda e del cliente, che a loro volta garantiscono la creazione dei valori corretti. Note le opportunità di progresso, se collegate ad un opportuno programma di miglioramento, la collaborative innovation ed il visual management sostengono il perfezionamento del processo, del prodotto e dei servizi, fornendo iniziative per progetti di C.I e alimentando la cultura a riguardo. Non da ultimo, questi strumenti incoraggiano un approccio scientifico promuovendo la raccolta di dati e un processo decisionale basato sui fatti. [21]

Per Eaidgah et al. (2016), le ragioni del successo del visual management sono svariate: innanzitutto sono legate alla semplificazione del flusso di informazioni ed al provvedere di queste in modo molto mirato ed intellegibile. Responsabilizza gli impiegati e crea la cosiddetta "shared ownership" (dall'inglese: proprietà condivisa, responsabilità di comando condivisa), aumentando la disciplina,

innalzando il senso di dovere comune e stimolando quindi al processo di miglioramento continuo basato sul collettivo, coinvolgendo a pieno ogni individuo nel processo di decision-making. Migliora l'aspetto comunicativo aumentando la trasparenza e permettendo un migliore flusso continuo di scambio di feedback. Infine, come accennato, supporta a pieno il miglioramento continuo: l'implementazione efficace del C.I richiede un approccio sistematico, incrementale e iterativo in tutta l'azienda che coinvolga i dipendenti a tutti i livelli della struttura organizzativa. Se stabilita correttamente, la gestione visiva può fornire una solida base per il miglioramento continuo. Non solo fornisce al programma i dati necessari per identificare, stabilire le priorità, definire e guidare progetti di miglioramento continuo, ma instaura anche un ambiente lavorativo che stimola e coinvolge tutti i dipendenti nel programma. [21]

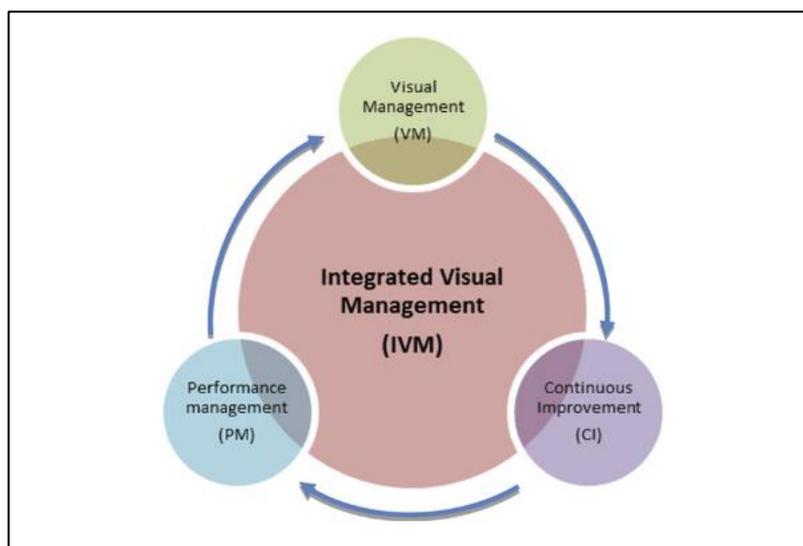


Fig. 4: integrazione tra visual management, miglioramento continuo e gestione delle performance. [21]

A supporto del visual management, nel corso degli anni si sono sviluppati i sistemi di collaborative innovation, ossia sistemi digitali basati sul visual management che racchiudono in loro i fondamenti dell'apprendimento visivo del TPS e che integrino questi ultimi in una struttura informatica completa, capace di mettere a

disposizione dell'utente uno strumento completo a supporto del miglioramento continuo e dello sviluppo prodotto.

Per Sharma (2005), Il concetto di “CPI o Collaborative Product Innovation” è un framework di lavoro integrato che le aziende adottano per diventare competitive, innovative e leader nella loro sfera di interesse, che si basa sul presupposto fondamentale che i processi non integrati siano gli ostacoli principali allo scopo del totale coinvolgimento di ogni persona nei processi di sviluppo. [22]

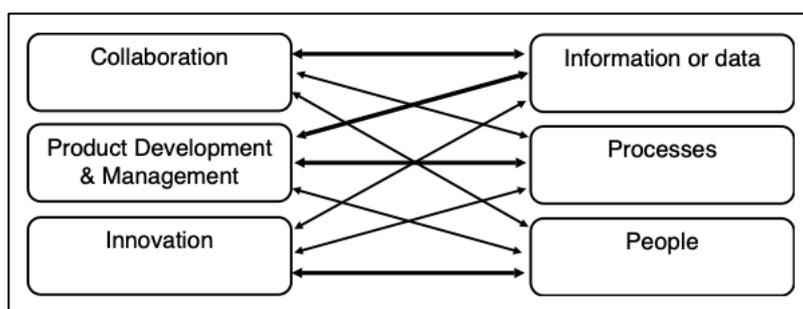


Fig. 5: collaborazione, sviluppo prodotto ed innovazione. [22]

Lo studioso propone anche un esempio di CPI (figura 6) che abbraccia ogni fase dello sviluppo del prodotto e dalla sua rilavorazione per assecondare il miglioramento continuo. L'articolo suggerisce un framework digitale basato sull'allineamento dei processi, che può essere adottato per realizzare i vantaggi di un ambiente collaborativo. In generale, l'adozione di un sistema CPI deve essere considerata come un investimento strategico a lungo termine, che si evolva nel tempo raggiungendo il grado di maturità ed efficienza desiderato. [22]

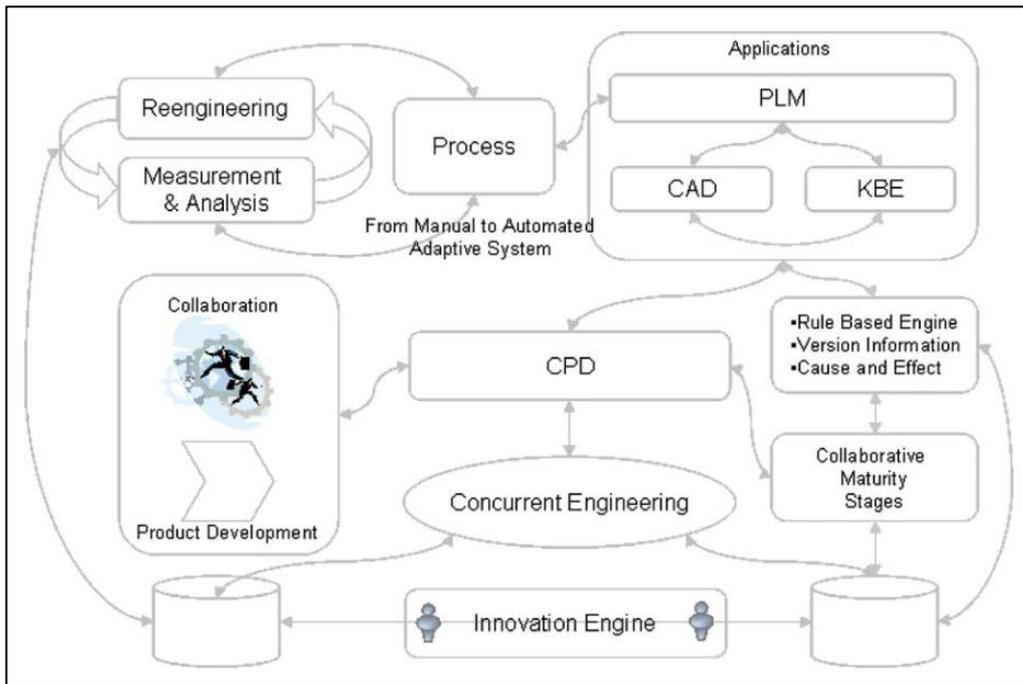


Fig. 6: esempio di framework digitale CPI. [22]

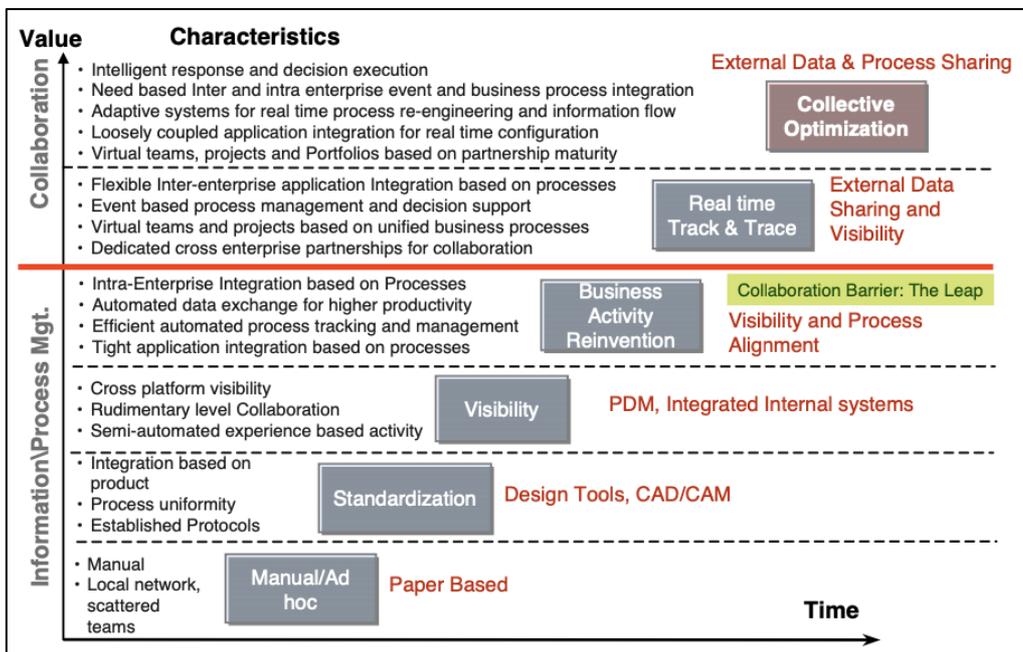


Fig. 7: livelli di maturità dei sistemi di CPI. [22]

2.3.2. Customer feedback systems

La prima tipologia presentata di sistema di miglioramento continuo è quella dei cosiddetti “customer feedback systems” che rappresentano degli strumenti atti a raccogliere e catalogare le informazioni rilevanti provenienti direttamente dal cliente, qualora il mercato di riferimento sia B2C (del tipo business to client), o da qualsiasi figura interna all’azienda o associata che sia coinvolta nello sviluppo e vendita del bene commercializzato in un settore B2B (del tipo business to business).

A prescindere dalla natura del mercato e della tipologia di clientela, è evidente che i pareri maggiormente rilevanti per il miglioramento continuo del prodotto siano quelli critici. Secondo le ricerche condotte da Fundin ed Elg (2006), esistono due tipi di reazione di insoddisfazione del cliente: “uscita” e “voce”. “Uscita” implica che i clienti insoddisfatti non si lamentino e smettano direttamente di acquistare prodotti dal fornitore, mentre “voce” implica che si lamentino del loro disagio e che per questi sia quindi possibile creare un sistema di raccolta di feedback di insoddisfazione per le imprese commerciali competitive. [17]

Nel raccogliere le segnalazioni esterne è importante considerare che queste devono rappresentare un dato di partenza per implementare migliorie ed allo stesso tempo uno spunto migliorativo che accresca il know-how delle persone coinvolte nella realizzazione del bene, di conseguenza, il parere di insoddisfazione deve essere trasferito non solo come dato o informazione codificata nei sistemi di feedback di insoddisfazione del cliente, ma anche come trasferimento di informazioni tra persone. Secondo Nonaka (1994), “l’informazione è un flusso di messaggi, mentre la conoscenza è creata e organizzata dal flusso stesso di informazioni, ancorata all’impegno e alle convinzioni di chi la possiede”. [17]

Per questi motivi è necessario che la piattaforma digitale di raccolta feedback permetta non soltanto di ricevere e storicizzare le segnalazioni, ma anche di trasmetterle facilmente da figura a figura, stimolando l’accrescimento delle

conoscenze senza costituire un impedimento, essendo quindi semplice da apprendere e utilizzare.

Quindi, nell'atto pratico, l'attività che avvia il processo è il reclamo da parte dell'utente. Questo reclamo è definito come il livello in cui un utente raggiunge una soglia di insoddisfazione nei confronti del prodotto/servizio tale da comunicarlo, da solo o tramite un rappresentante dell'utente, ai rappresentanti dell'organizzazione fornitrice, che sono personale di servizio o sviluppatori di prodotti. [18]

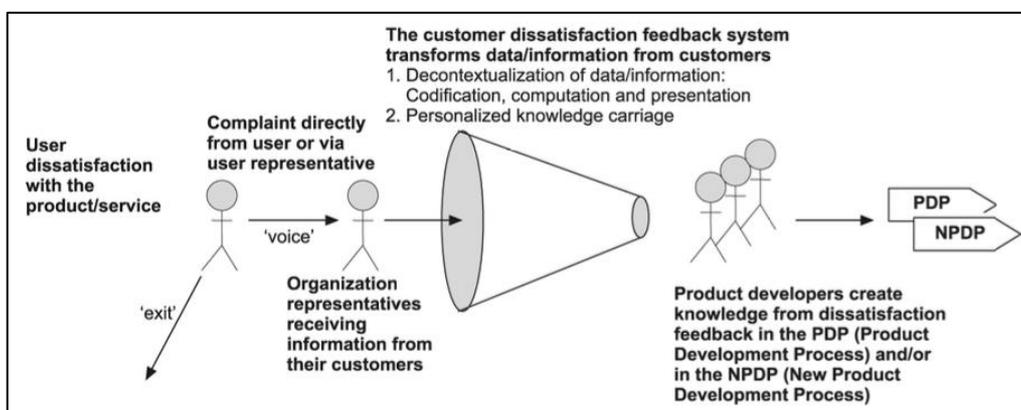


Fig. 8: l'attività che stimola il miglioramento o la creazione di un nuovo prodotto è l'insoddisfazione dell'utente che fa le voci del customer. [17]

La struttura del sistema di raccolta feedback parte dall'analisi della tipologia di feedback stessa, è possibile infatti classificare quattro differenti casistiche di segnalazione di insoddisfazione del cliente: il tipo "attivo e codificato" è quello in cui il responsabile di sviluppo prodotto si assume attivamente la responsabilità di raccogliere informazioni sui reclami degli utenti utilizzando metodologie ben strutturate; il tipo "attivo e personalizzato" è quello in cui il responsabile di sviluppo prodotto si assume attivamente la responsabilità di raccogliere informazioni sui reclami degli utenti consentendo alle persone dell'organizzazione di incontrare personalmente gli utenti; la tipologia "passiva e codificata" è quella in cui l'utente deve avviare il contatto e informare di un reclamo attraverso un metodo definito; la tipologia "passiva e personalizzata" è quella in cui l'utente

deve avviare il contatto e informare di un reclamo attraverso relazioni personali con sviluppatori di prodotti o persone all'interno della rete. [17]

Ogni categoria di segnalazione viene quindi trasformato tramite il sistema di feedback ideato. Questo sistema è definito come l'infrastruttura che consente di trasformare i reclami degli utenti in informazioni e conoscenze preziose per gli sviluppatori di prodotti nella loro pratica quotidiana. Di seguito viene riportato un esempio di matrice bidimensionale di esempi di sistemi di customer feedback a seconda della tipologia di segnalazione ricevuta. [18]

<p>Early warning systems Experiments/tests</p>	<p>Conventions with product developers and service personnel Product developers as knowledge carriers after visiting users</p>
<p>Customer complaint system E-mail from field service Communication with users through internet</p>	<p>Call centre Service personnel as knowledge carriers</p>
Codified	Personalized
Active	Passive

Fig. 9: matrice bidimensionale di sistemi di raccolta del feedback cliente a seconda della tipologia di segnalazione. [18]

Individuata la natura della sorgente di segnalazioni clienti è possibile quindi impostare lo sviluppo di un sistema vero e proprio di raccolta e catalogazione delle informazioni.

La costante evoluzione dei sistemi informatici a disposizione e la crescente necessità di ottenere e lavorare i dati nel modo più efficiente possibile rende necessario oggiogiorno creare una piattaforma digitalizzata, in grado di ricevere,

catalogare e storicizzare le informazioni, oltre che rendere queste disponibili per la consultazione possibilmente attraverso interfacce utenti semplici e chiare, che possano essere adoperate da chiunque abbia la possibilità di accedervi per favorire il miglioramento continuo.

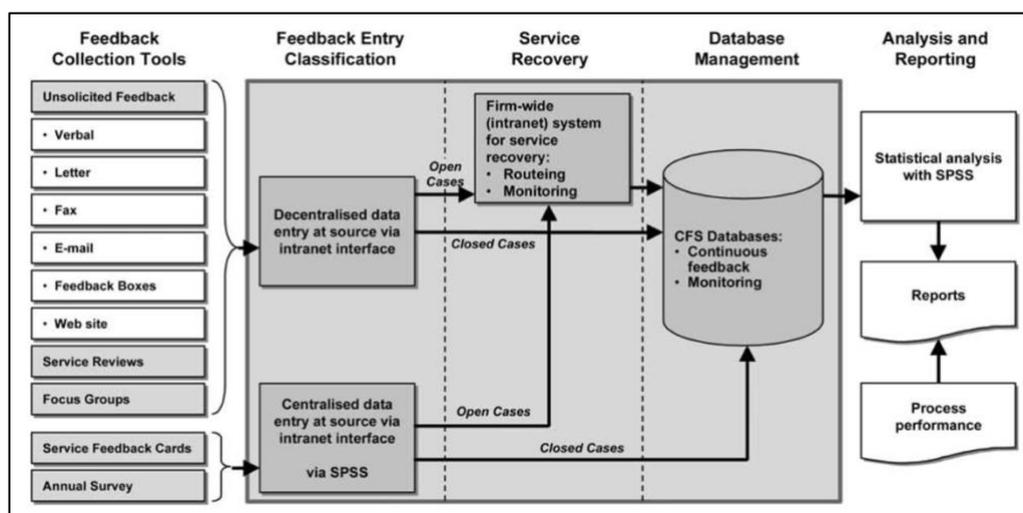


Fig. 10: esempio di struttura per un CFS digitale. [19]

Secondo Wirtz e Tomlin (2000), i requisiti fondamentali per un customer feedback system (CFS) evoluto sono: misurazione multilivello, attuabilità, elevata rappresentatività, potenzialità di ripristino del servizio, facilità di apprendimento ed efficienza in termini di costi. [19]

Con questi criteri è possibile verificare quindi quale sia il CFS adatto per lo specifico caso aziendale. Di seguito viene riportato un esempio di valutazione di diversi concept di sistema di raccolta segnalazioni attraverso i criteri menzionati.

Collection Tools	Multi-level Measurement			Actionable	Representative, Reliable	Potential for Service Recovery	First Hand Learning	Cost-Effective
	Service Satisfaction	Process Satisfaction	Specific Feedback					
Total Market Survey (incl. competitors)	●	○	○	○	●	○	○	○
Annual Survey on overall satisfaction	●	◐	○	○	●	○	○	○
Transactional Survey (process specific)	●	●	◐	◐	●	○	○	○
Service Feedback Cards (process specific)	◐	●	●	◐	◐	●	◐	●
Mystery Shopping (service testers)	○	○	●	◐	○	○	○	○
Unsolicited Feedback Recd (Online customer feedback sys)	○	◐	●	●	○	●	◐	●
Focus Group Discussions	○	◐	●	●	○	○	●	◐
Service Reviews	○	◐	●	●	○	●	●	◐

Meets Requirements: ● Fully ◐ Moderate ○ Not at all

Fig. 11: valutazione di CFS secondo i criteri stabiliti da Jochen Wirtz and Monica Tomlin. [19]

Infine, esistono diverse tipologie di azione che è possibile attuare a valle della ricezione e della presa in carico del feedback cliente, queste sono attività correttive, preventive e di sviluppo. Troppo comunemente capita che i sistemi di feedback alimentino sistemi di correzione di problematiche segnalate ma che non approfondiscano la natura e la vera causa del malfunzionamento; pertanto, è necessario implementare piattaforme atte sia alla risoluzione di problematiche occorse che all'implementazione di suggerimenti e azioni preventive che anticipino il possibile manifestarsi nuovamente dei guasti occorsi. Le attività di sviluppo del prodotto sono direttamente connesse a quelle preventive e prevedono che una volta ricevuto il riscontro di miglioramento, il CFS ideato stimoli a tenerlo attivamente in considerazione nello sviluppo futuro, non permettendo che venga trascurato o trasmesso passivamente con perdita di dettaglio nel tempo.

2.3.3. Knowledge and quality management systems

I sistemi di gestione delle conoscenze e della qualità (KQMS: knowledge and quality management systems) sono un altro esempio di applicazione di processi e strutture di miglioramento continuo.

Questi si basano sugli standard ISO9001, ISO9004 e su modelli di eccellenza per raggiungere obiettivi legati alle prestazioni interne e alla soddisfazione del cliente. Per Hermi et al. (2009), l'idea di base è simile a un ciclo di regolazione: il ciclo parte dai target obiettivi pianificati. A questi sono assegnati diversi supporti e processi realizzativi in grado di fornire dati misurabili attraverso la soddisfazione del cliente, la qualità del prodotto e l'efficienza del sistema nella gestione delle conoscenze. Per confrontare i risultati e gli obiettivi ottenuti, il ciclo di feedback si basa su meccanismi di misurazione e monitoraggio. Pertanto, il divario e l'andamento delle misurazioni costituiscono un dato fondamentale per attivare un sistema di correzione e miglioramento, che a sua volta rafforza la capacità dei processi e garantisce la prestazione complessiva del sistema. [20]

Lo studio della ISO9001 ha evidenziato che il concetto di KQMS si basa su un modello che può essere suddiviso in tre sezioni connesse tra loro: la prima è dedicata alle responsabilità gestionali, in questo contesto è necessario definire gli obiettivi che devono essere coerenti e misurabili. Bisogna inoltre definire le responsabilità e le autorità necessarie, nonché i meccanismi di comunicazione che garantiscono la qualità del prodotto e l'efficacia del KQMS. La seconda sezione è dedicata a identificare e gestire le risorse materiali e immateriali sufficienti per garantire l'efficienza e la qualità del prodotto. Una gestione efficace della formazione delle risorse umane e della manutenzione delle infrastrutture digitali e non traducono questa seconda sezione. L'ultima sezione riflette il ciclo di feedback per garantire la regolazione e il controllo automatico del sistema di gestione controllo della qualità. Secondo la normativa, il monitoraggio si basa su audit di qualità interni, controllo di qualità dei prodotti, misure di soddisfazione del cliente e misure di efficienza di risoluzione di problematiche. Di seguito viene

riportato il modello di base per lo sviluppo di un KQMS proposto dallo standard ISO9001. [20]

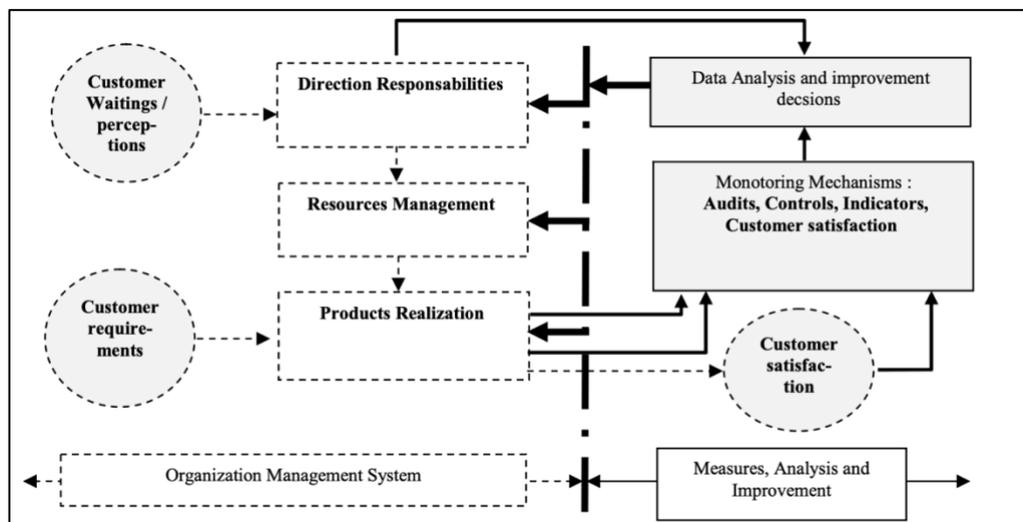


Fig. 12: modello KQMS proposto dallo standard ISO9001. [20]

Utilizzando le normative e i concetti presentati come riferimento, è possibile esplicitare quale sia la struttura portante di qualsiasi KQMS digitale: per prima cosa è necessario un livello di definizione e pianificazione di obiettivi e aspettative in cui si insista sulla coerenza e sull'implementazione in relazione al processo. È necessario un livello di controllo e monitoraggio in cui specifichiamo i parametri e la metodologia di quantificazione delle misure e delle valutazioni. Serve quindi un livello di analisi dei dati e supporto alle decisioni per garantire prestazioni, efficacia, efficienza e miglioramento continuo ed infine un connubio tra la versatilità del KQMS e la volontà di chi lo adopera di innovare costantemente e quindi essere aperti alle modifiche e migliorie del sistema. [20]

Una piattaforma così concepita permette di quantificare la bontà della performance di prodotto e di processo attraverso gli indicatori scelti, fare una stima costantemente aggiornata del grado di sviluppo della qualità del prodotto, determinare e pianificare le azioni di miglioramento continuo, rafforzare il trattamento delle segnalazioni di reclamo del cliente ed ottimizzare l'impiego di risorse a supporto del processo di gestione della qualità e delle informazioni per il

miglioramento continuo. Viene riportato in figura 13 uno schema della struttura di KQMS per il miglioramento continuo proposta da Hermi et al. (2009). [20]

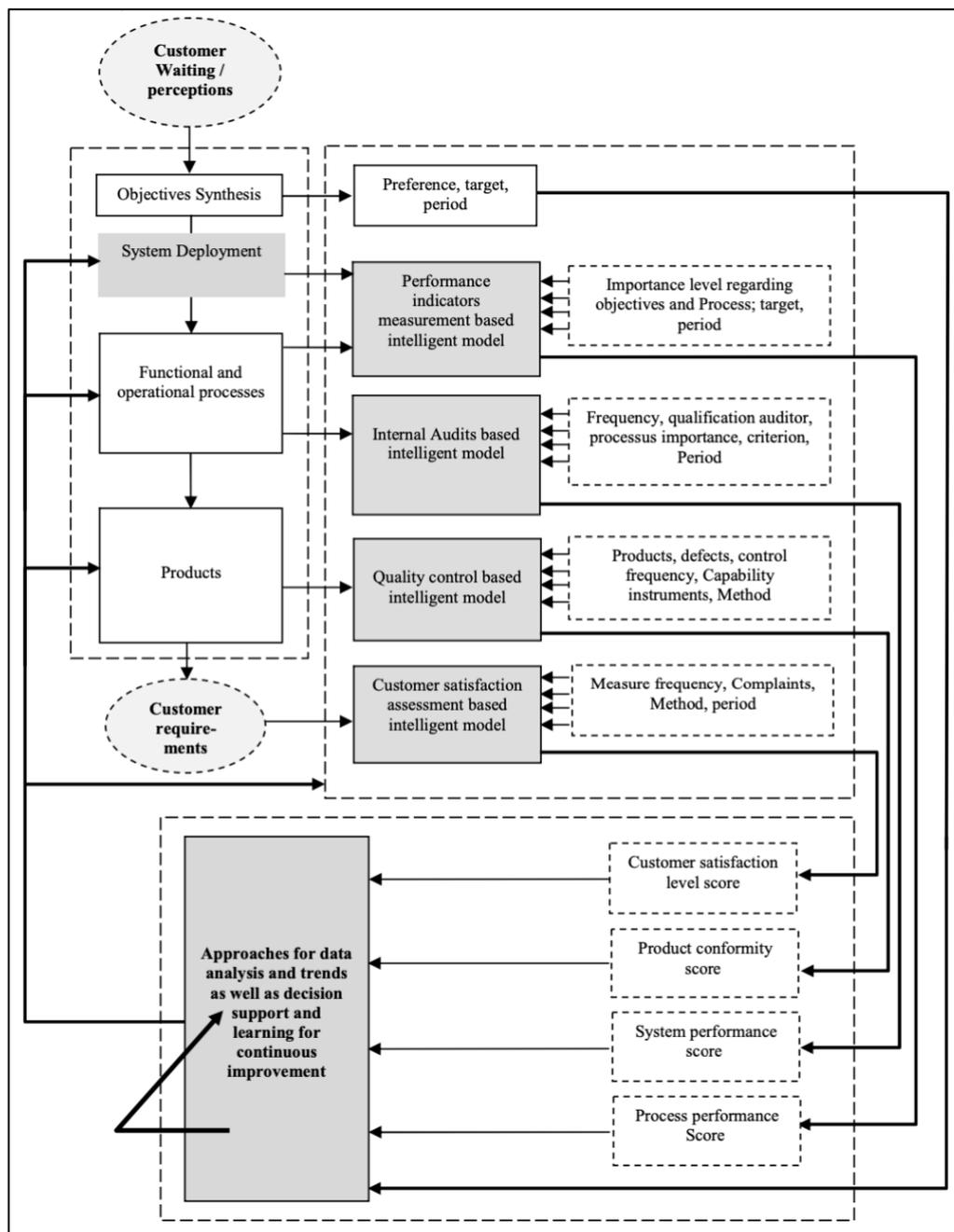


Fig. 13: schema della struttura di un QMS per il miglioramento continuo. [20]

2.3.4. Decision support systems

La terza tipologia di sistema di miglioramento continuo proposta è quella dei sistemi di supporto decisionale. Queste piattaforme rappresentano uno strumento di supporto per il miglioramento continuo, in particolare vengono ideate per la fase di assegnazione delle azioni da intraprendere per concretizzare le segnalazioni di miglioramento di processo, prodotto o servizio ricevute attraverso i sistemi di customer feedback descritti in precedenza.

Per Krishnaiyer et al. (2017), i sistemi di supporto alle decisioni (DSS) servono potenzialmente in tutti i livelli di gestione, operatività e pianificazione di un'organizzazione e sono utilizzati come abilitatori per il processo decisionale aziendale. [23]

Secondo Yang et al. (2009), i DSS subentrano nel supportare il processo di miglioramento continuo del prodotto, spesso ostacolato dalla mancanza di adeguati strumenti di gestione del know-how e di sistemi intelligenti per migliorare l'efficienza della collaborazione. Pertanto, lo studioso propone un modello di supporto alle decisioni per sopperire a queste problematiche. Il sistema è denominato "knowledge decision support model" (KDSM) e fa riferimento ad una piattaforma digitale basata su un sistema di intranet aziendale che permette di gestire intuitivamente ed efficacemente lo schema di miglioramento continuo che ogni azienda può adottare. L'architettura del KDSM è costituita da un livello di acquisizione della conoscenza, un livello di archiviazione delle informazioni, un livello di lavorazione dei dati ed infine un livello di applicazione della conoscenza acquisita (figura 14). Il KDSM controlla e gestisce quindi il processo di ricerca dati, la fase di integrazione della conoscenza e quella di progettazione dell'innovazione. Il modulo knowledge-active-push implementa il lavoro di iniziativa e stimolo del sistema. [24]

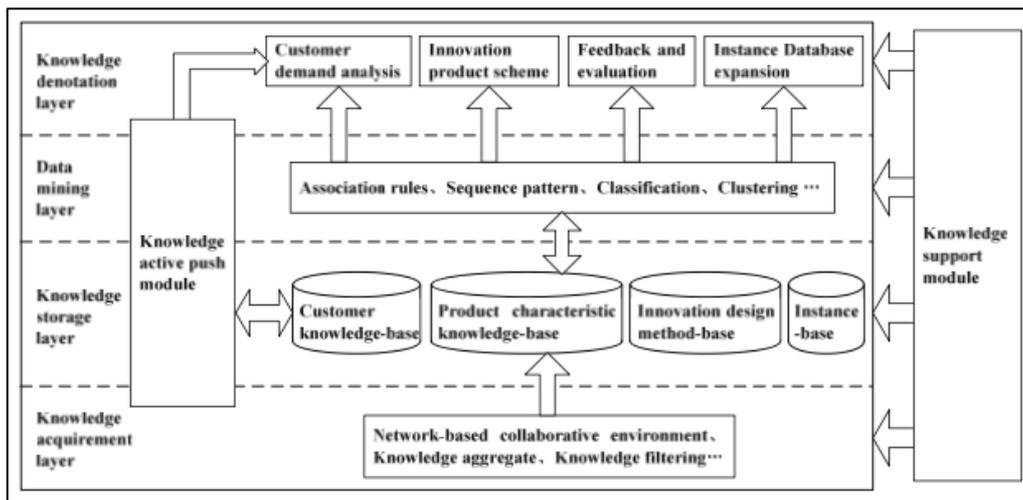


Fig. 14: architettura del knowledge decision support model. [24]

Nelle ricerche condotte da Wan e Chen (2009), uno strumento di supporto alle decisioni deve coprire le esigenze degli utenti coinvolti nell'implementazione dei concetti di C.I. Pertanto, le caratteristiche che dovrebbe possedere una piattaforma digitale di DSS efficace sono elencate di seguito: (1) deve essere in grado di catturare lo stato attuale del sistema esaminato, comprese prestazioni e punti deboli; (2) deve identificare le aree più urgenti da migliorare; (3) deve fornire linee guida per le azioni di miglioramento; (4) deve raccogliere i dati da diversi livelli di personale per ottenere un campione valido di feedback; (5) deve fornire misure quantitative della performance (punteggi) che possano essere monitorati e confrontati; (6) deve poter aggiornare continuamente gli indicatori snelli o i criteri di valutazione scelti in risposta ai miglioramenti della tecnologia o delle tecniche di gestione ed infine deve essere semplice da utilizzare e mantenere nel tempo, senza richiedere un centro di competenza (7). [25]

A tale riguardo gli studiosi enfatizzano l'importanza dell'utilizzo di una piattaforma basata su un portale web, attraverso la quale i dipendenti di ogni livello esecutivo e manageriale possono, se autorizzati, accedervi, riportare feedback, consultare le informazioni, rielaborare i dati e condividere i risultati. Inoltre, la struttura basata su database facilita gli aggiornamenti del sistema, l'assegnazione

dei permessi di accesso e permette di sincronizzare in tempo reale i contenuti di miglioramento prodotto per tutti i terminali e le utenze che vi hanno accesso. [25]

2.4. Casi studio di sistemi di miglioramento continuo

Come esempio di Sistema di visual management viene riportato il caso studio tratto dall'articolo di Eaidgah et al (2016). riguardante l'azienda australiana PACCAR, leader tecnologico globale nella progettazione, produzione e assistenza clienti di autocarri leggeri, medi e pesanti di alta qualità con i marchi Kenworth (KW), Peterbilt e DAF. Essendo il più grande produttore di camion in Australia e l'unico con capacità ingegneristiche interne complete, per soddisfare le mutevoli esigenze dei clienti e per resistere alla forte concorrenza nel mercato australiano dei camion, KW ha adottato una filosofia di produzione Lean Six Sigma che gli permette di personalizzare fortemente i suoi prodotti. Il mercato australiano dei camion è un mercato abbastanza piccolo con una gamma variabile di requisiti. Di conseguenza, la produzione KW sperimenta un flusso mono pezzo abbastanza veloce di prodotti altamente personalizzati che devono essere realizzati con una quantità snella di risorse. La missione principale della divisione Qualità di ricezione (QA) è garantire che i materiali in entrata rispettino uno standard accettabile e affrontare tempestivamente i problemi di qualità dei fornitori sulla linea di produzione. Vale la pena ricordare che in precedenza il QA non disponeva né di un programma di gestione visiva funzionale né di un programma di miglioramento continuo interno. Alcuni processi avevano prestazioni insufficienti e i clienti immediati non erano soddisfatti. Seguendo la richiesta del manager, oltre che per comprendere meglio i processi e gestire le prestazioni, è stato sviluppato un sistema di miglioramento continuo per il dipartimento QA di KW con l'obiettivo di consentire un'interazione produttiva tra gestione delle prestazioni, gestione visiva e miglioramento continuo. I risultati di questa prima fase di definizione del metodo di C.I sono la definizione di parametri e obiettivi e la decisione sugli intervalli di misurazione e sui periodi di revisione. Questo comprende anche l'impostazione dei processi per la raccolta dei dati e il calcolo delle metriche, nonché la decisione su come condividere e discutere il risultato. Quindi, per identificare i parametri migliori, si è scelto se adottare un approccio top-down o bottom-up. Un approccio top-down parte dai parametri aziendali e

procede a cascata fino ad arrivare ai parametri dipartimentali e di team. Al contrario, l'approccio dal basso verso l'alto parte dai processi del team/dipartimento e definisce le metriche che meglio rappresentano tali processi. Di conseguenza, i parametri verranno confrontati con i parametri a livello aziendale per garantire che siano allineati. In definitiva si è adottato l'approccio dal basso verso l'alto perché ritenuto più adatto al team di lavoro coinvolto. Nelle seguenti figure vengono riportate la tabella preliminare per il visual management e la tabella di stato dei progetti adottata. [21]

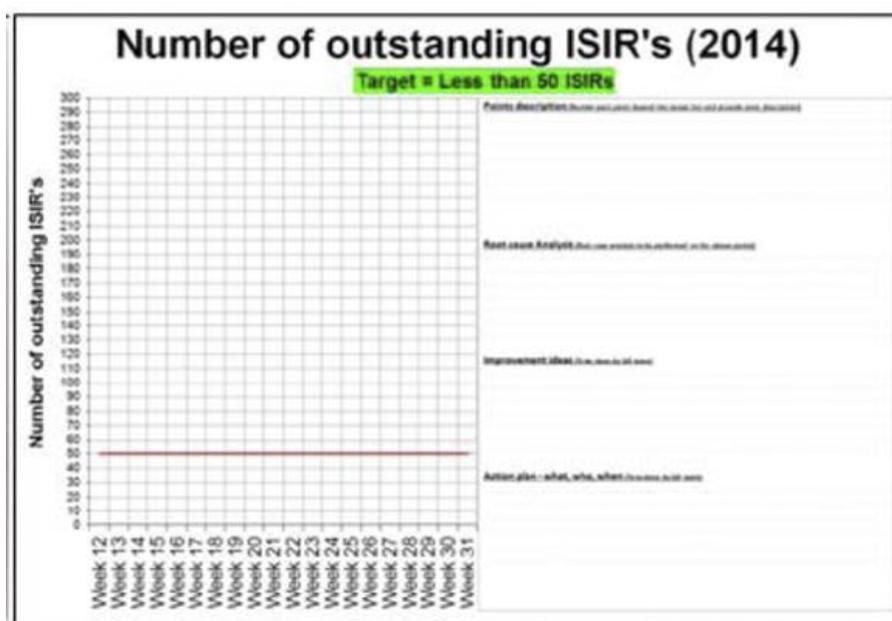
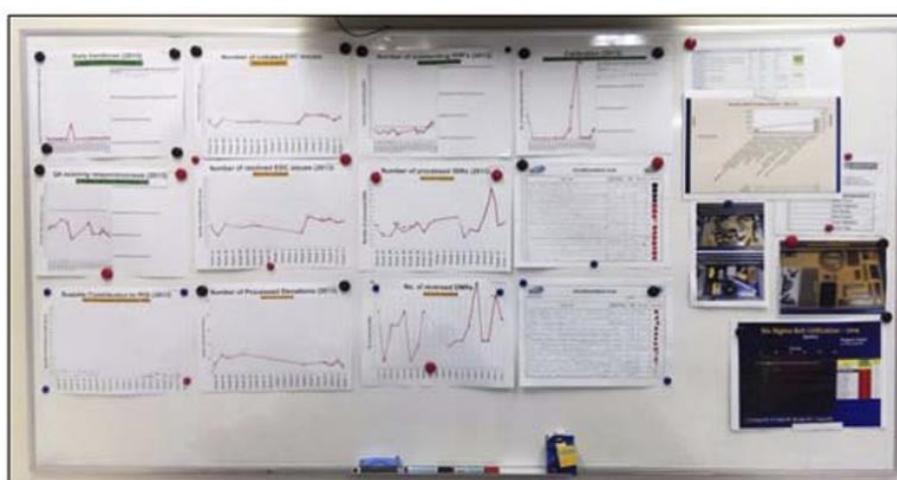


Fig. 15: tabella preliminare di visual management per il miglioramento continuo. [21]

PPS		PPS Improvement plan					
No.	Action/task	Responsibility person/group	Begin date	Initial DPU	End date	End DPU	Completion
1							⊕
2							⊕
3							⊕
4							⊕
5							⊕
6							⊕
7							⊕
8							⊕
9							⊕
10							⊕
11							⊕

Fig. 16: tabella di stato dei progetti implicati nel miglioramento continuo. [21]

Come accennato in precedenza, prima di avviare il programma di visual management, il reparto Qualità di KW non disponeva di alcun programma di gestione visiva funzionale. I clienti immediati non erano soddisfatti e la nostra conoscenza dei nostri processi era vaga. L'implementazione del programma di miglioramento continuo ha gettato solide basi per un flusso efficace di informazioni nel QA, ha migliorato la comprensione dei processi e ha aumentato la consapevolezza sulle prestazioni e sui problemi associati. Inoltre, ha rafforzato la trasparenza, la disciplina, la proprietà condivisa, il coinvolgimento del team e la mentalità scientifica. L'utilizzo di un sistema di gestione visiva, di gestione delle prestazioni e di miglioramento continuo, hanno raggiunto risultati molto rilevanti, fornendo i dati e la struttura necessari per identificare, stabilire le priorità e definire e guidare le azioni per mettere in pratica il miglioramento continuo. Inoltre, si è creato un ambiente che ha stimolato e coinvolto tutti i membri del team nei progetti di C.I. Nel corso di otto mesi, i membri del team QA hanno avviato più di 51 progetti di miglioramento continuo, di propria iniziativa come gruppo e in aggiunta ai progetti formali assegnati loro tramite diverse autorità, portandone 36 a completamento. Attraverso l'utilizzo del sistema di C.I, il team QA ha anche ottenuto miglioramenti concreti del processo. Il personale aveva un numero

significativo di rapporti di ispezione dei campioni iniziali scaduti. Integrando la gestione visiva, la gestione delle prestazioni e il miglioramento continuo, senza investimenti di capitale o cambiamenti nelle risorse dedicate al processo, si è riusciti ad abbattere questo dato di sei volte. Inoltre, prima di attuare questo programma, non erano disponibili molte informazioni sul numero e sulla natura delle chiamate di servizio che venivano effettuate dalla produzione per problematiche o suggerimenti, perciò, i dati raccolti hanno contribuito ad acquisire una conoscenza più approfondita a questo riguardo. Ciò, a sua volta, ha portato ad alcuni progetti di miglioramento continuo che hanno consentito al team di ridurre il carico di lavoro risolvendo dalla causa-radice alcuni problemi in passato ripetitivi. I benefici dell'adozione di questo approccio sono stati evidenti anche perché nonostante un aumento del tasso di produzione (che in precedenza avrebbe portato ad un numero di segnalazioni di non conformità esponenzialmente più elevato), il numero di chiamate di servizio ha continuato a seguire una tendenza al ribasso. La tabella seguente fornisce una sintesi dei risultati influenti ottenuti attraverso il programma di miglioramento continuo impiegato. [21]

QA receiving – before state	QA receiving – after state
Lack of an effective flow of information	IVM helped us to establish a continuous flow of information (updated on a weekly base) at the point of use (QA department)
Lack of metrics and targets for some of the internal processes	Through IVM programme, we identified our critical processes and set metrics and targets for their performances
Lack of data and awareness about the team's processes and their performances	Data collected through IVM provided a continuous stream (updated on a weekly base) of information on our critical processes
Lack of a continuous review mechanism with regards to team performance	A meeting (continuous improvement meeting) was set to happen on a weekly base to review our visual management board including metrics, their targets and our current performance
No internal continuous improvement programme was available	An effective continuous improvement programme was implemented as part of our IVM programme. IVM provided the required data and structure in order to identify, prioritize, define and drive continuous improvement projects
Repetitive issues were common	Many repetitive issues were identified and addressed as information and structure became available through IVM programme
Stakeholders were not aware of our current metrics, associated performance and current continuous improvement projects in the department	Updated information became available to all stakeholders (or any interested person) in an open manner through QA visual management board
Limited team participation	Team participation in visual management and continuous improvement programmes improved over a short period of time due to a productive environment nourished by IVM and culture changes introduced through it

Fig. 17: tabella di riassunto dei risultati di alto profilo ottenuti tramite il sistema di miglioramento continuo. [21]

Per esemplificare l'utilizzo di un sistema di supporto decisionale viene presentato l'approccio di un negozio di lettere oggetto di studio da parte di Krishnaiyer et al (2017). La pianificazione in un negozio di lettere è un processo complesso a causa del volume e dell'elevata varietà di prodotti. La figura 18 mostra una completa del flusso di lavoro di un letter shop. Un progetto inizia dopo un'offerta vinta per la fornitura di servizi. Il cliente invia le istruzioni di lavoro al servizio clienti (CS) e la materia prima al magazzino. Il team di pianificazione pianifica manualmente il lavoro e consente al team CS di creare l'ordine di lavoro (WO). Il team di produzione elabora il lavoro in base al WO e il team di qualità verifica il WO per assicurarsi che il lavoro sia completato secondo le specifiche del cliente. Con gli estratti conto finali, il magazzino spedisce il prodotto terminato attraverso il canale di distribuzione ottimizzato. Su base giornaliera, il team di pianificazione valuta circa 120 attività in 55 progetti di clienti unici. Questo, quindi, diventa un processo intenso e oneroso sia in termini di risorse che di tempo richiesto. [23]

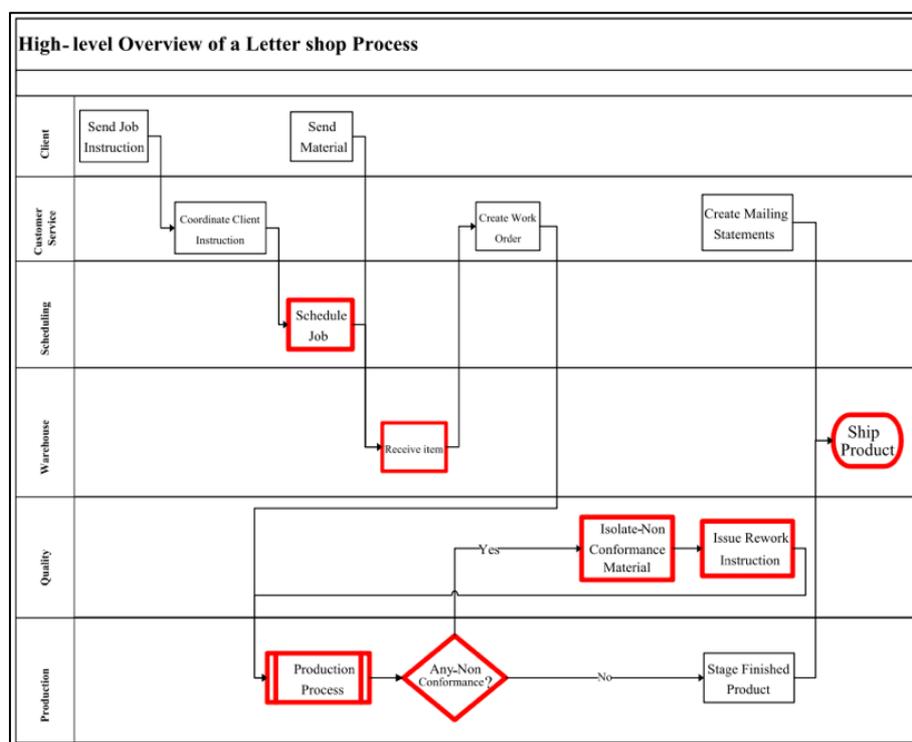


Fig. 18: schema approfondito del processo di lavoro del negozio di lettere. [23]

La seguente figura illustra il modello basato su piattaforma web di visual decision support system (WVDSS) che è stato sviluppato per affrontare le sfide di miglioramento e le problematiche sopra descritte ed è stato implementato nella rete intranet aziendale, accessibile a tutti gli user previa autorizzazione. La piattaforma si suddivide in sei sotto-moduli distinti: production status database - modulo che contiene le quantità di produzione effettive che vengono inserite quotidianamente; existing Enterprise Resource Planning (ERP) - modulo che si interfaccia con l'ERP e ottiene le quantità richieste e che contiene anche tutti i dati anagrafici del cliente, le offerte pertinenti e i dettagli sui prezzi; quality database - modulo dedicato alla funzione di segnalazione degli errori che supporta le azioni correttive e preventive per il sistema di gestione della qualità (QMS) basato sullo standard ISO9000; database delle spedizioni di magazzino - modulo che utilizza la data di scadenza della produzione e fornisce un'interfaccia utente all'operatore del magazzino sui vari arrivi di posta; project performance Kanban - modulo chiave del sistema di supporto decisionale che consente ai dipartimenti di essere efficaci ed efficienti nell'esecuzione dei propri compiti, fornisce una visione reale dello stato di avanzamento del progetto e ne descrive visivamente lo stato e dispone inoltre di funzionalità di drill-down a livello di attività che forniscono opzioni al team di produzione e pianificazione per prendere decisioni informate; reporting - modulo dedicato all'attività di report di otto aree differenti: performance della produzione, pianificazione Kanban, capacità economica disponibile, servizio di customer service, monitoraggio del magazzino ricezioni, report degli errori di qualità, portale per le risorse umane ed infine report delle metriche di performance finanziaria. [23]

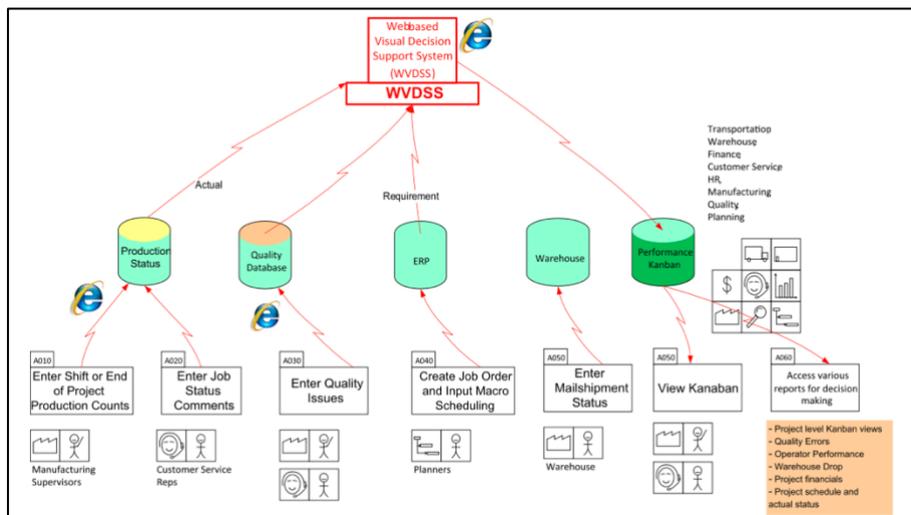


Fig. 19: modello di web-based visual decision support system. [23]

Red -> Production Count is Less than the Expected Count. Need to ramp up to meet the mail date
 Dark Green -> Production Count more than the Scheduled Rate
 Light Green -> Amount of product made more than the Scheduled Qty
 Blue -> Production Count way more than the Maximum Required for the job (MUDA-Waste)

Left click on item to see production history. Mouse Over to Show Values. Right click on item to add /view comments.

Job #	Total	Actual	Remaining	CSR Name - Job Title	Production Kanban
308623	4,850,000	4,860,030	-10,038	Deb H - Meredith BHG - 466 LASER 11.0" 2-UP	██████████
308623	4,875,000	4,935,371	-60,371	Deb H - Meredith BHG - CHESHIRE/LABELAIRE	██████████
308623	80,000	80,200	-200	Deb H - Meredith BHG - CHESHIRE/OTHER	██████████
308623	2,425,000	3,189,187	-764,187	Deb H - Meredith BHG - CUT/FOLD	██████████
308623	150,000	170,883	-20,883	Deb H - Meredith BHG - INS HIGHSP POLY/Eta/Labe	██████████
308623	2,425,000	3,172,612	-747,612	Deb H - Meredith BHG - INSERT VIP	██████████
308623	2,425,000	1,541,568	883,432	Deb H - Meredith BHG - INSERT BOWE/FOLD	██████████
308942	100,080	201,489	-101,409	Deb H - Family Circle - 466 LASER 11.0" 2-UP	██████████
308942	400,000	403,221	-3,221	Deb H - Family Circle - CHESHIRE/LABELAIRE	██████████
308942	350,120	350,547	-427	Deb H - Family Circle - EKTA-JET	██████████
308942	400,160	402,492	-2,332	Deb H - Family Circle - INSERT HIGH SPEED MM	██████████
308942	200,160	200,141	19	Deb H - Family Circle - INSERT BOWE	██████████
309505	447,034	447,036	-2	Deb H - Pediatric Brain - 466 LASER 11.0" 2-UP	██████████
309505	447,034	449,371	-2,337	Deb H - Pediatric Brain - CHESHIRE/LABELAIRE	██████████
309505	447,034	448,242	-1,208	Deb H - Pediatric Brain - CUT/FOLD	██████████
309505	482,237	439,516	42,721	Deb H - Pediatric Brain - INSERT VIP	██████████
309751	180,000	0	180,000	Deb H - Love of Quiltin - INS HIGHSP POLY/Eta/Labe	██████████

Fig. 20: Web-based Kanban. [23]

In conclusione, Il WVDSS ha aiutato il letter shop a sapere con quale efficienza stanno procedendo verso gli obiettivi di produzione programmati. Quando il Kanban è rosso, il sistema aiuta il supervisore a prendere la decisione appropriata per aumentare le persone o le macchine per rispettare le date di consegna previste. Man mano che il sistema si è evoluto, gli utenti lo hanno incorporato nelle loro attività quotidiane e questo li ha aiutati a rendere più facili molte delle loro

decisioni quotidiane come, ad esempio, chi sono gli operatori più adatti alla gestione di macchine specifiche e come si è comportata una macchina nel tempo in una determinata mansione. Li ha aiutati a pianificare e identificare la migliore macchina che può eseguire un lavoro utilizzando in modo efficace persone e attrezzature e ha migliorato la comunicazione su quale mansione eseguire in ogni turno produttivo. I team di produzione, operativi e gestionali devono sapere quotidianamente quanto produrre e quanto viene realizzato per rispettare la data di consegna prevista. WVSS ha fornito un sistema decisionale operativo per manager e supervisori, ha eliminato ore di duplicazione dei dati e ha inoltre fornito una piattaforma di comunicazione comune per le operazioni fuori turno. Il sistema ha eliminato i fogli di calcolo Excel duplicati e le copie cartacee dei report di produzione, passando da tre fogli di calcolo a zero. Ha ridotto i tempi di pianificazione da 195 minuti a 60 minuti al giorno. Le macchine necessarie per completare il lavoro in tempo sono state calcolate in modo più scientifico, con conseguente maggiore precisione dei dati e conseguentemente delle previsioni. Ha evidenziato tutti gli errori nell'immissione dei dati di produzione e ha fornito una comunicazione centralizzata tra i rappresentanti del servizio clienti, il team di produzione e quello di pianificazione. In conclusione, è possibile affermare che l'applicazione del sistema di miglioramento continuo abbia fornito un'unica fonte esatta per l'aggiornamento delle informazioni sul lavoro e abbia contribuito a ottenere consegne sempre puntuali, rispettando la prima data di spedizione. [23]

Wong et al. (2020), propone un articolo sull'implementazione di un sistema digitale di gestione della qualità (QMS) nelle micro e piccole industrie (MSEs) della provincia di La Convención, Cusco – Perù. Le micro e piccole imprese generano occupazione per 127 milioni di persone in America Latina e nei Caraibi. In Perù l'agricoltura è una delle attività economiche più importanti e fondamentali. Il settore agricolo nel 2016 ha avuto una crescita del Pil del 2%, dato significativo nell'incremento dell'indice nazionale che nello stesso anno è stato del 3,9%, con una crescita delle esportazioni agricole del 10% rispetto all'anno precedente. In virtù di ciò e della conseguente necessità di adattamento a volumi produttivi molto

più elevati, è stato necessario iniziare a ricorrere ai processi e sistemi di miglioramento continuo e di gestione della qualità. L'idea di partenza è stata appoggiarsi allo standard ISO9001 del 2015, il cui modello di gestione della qualità totale mostra che ogni processo deve gestire e mantenere un flusso di documentazione per controllare le procedure che coinvolgono. Il mantenimento dell'aggiornamento dei documenti e la revisione costante delle registrazioni contribuiscono a una migliore tracciabilità delle informazioni all'interno delle MSEs. Il sottoprocesso inizia con la definizione delle linee guida e dei requisiti rilevanti per il processo di qualità, dopodiché ogni record o formato viene documentato, per procedere alla consegna dello stesso alle parti interessate. La soddisfazione del cliente è ottenibile rispettando le specifiche ed i requisiti attesi dal medesimo, attraverso un prodotto di qualità, con un servizio che gode di puntualità e rapidità di consegna. Inoltre, in generale, quando le attività di una azienda sono intese e gestite come processi interconnessi che si interfacciano all'interno di un sistema univoco, i risultati vengono raggiunti in modo efficace ed efficiente. Secondo lo studioso, i processi interconnessi generano tra loro un'interdipendenza che favorisce l'individuazione e l'eliminazione degli errori. In conformità con questo principio, ogni azienda cerca costantemente di migliorare le proprie prestazioni e quindi di fare in modo che i lavoratori mirino al miglioramento continuo di prodotti, processi e sistemi. Per attuare questa filosofia è necessario che l'azienda abbia una cultura organizzativa che incoraggi i suoi lavoratori a innovare, a non temere di sbagliare e che fornisca loro gli strumenti adatti a questo scopo. Nello specifico del sistema di gestione della qualità sviluppato, questo è stato implementato in base alla diagnosi dello stato attuale delle MSEs del cacao. È necessario ricordare che gli agricoltori avevano poca conoscenza in materia e scarsa affinità con i registri, le procedure e i controlli delle attività che svolgono durante la coltivazione del cacao, in quanto la loro conoscenza si basava prevalentemente sull'esperienza che svolgono quotidianamente. Con le premesse accennate, sono stati quindi generati e sperimentati in campo i principi di TQM (total quality management) per il tema di ricerca, per cui il primo principio è la documentazione. Il secondo principio è

l'attenzione al cliente, che si basa sul mantenerlo soddisfatto attraverso la fiducia e la comunicazione che deve essere mantenuta dal fornitore. Come terzo principio abbiamo l'approccio basato sui processi, secondo cui quando le attività sono intese e gestite come processi interconnessi che operano in un sistema univoco, i risultati vengono raggiunti in modo efficace ed efficiente. Infine, abbiamo il principio del miglioramento continuo che si basa sullo studio e sull'analisi degli indicatori a cui si dovranno stabilire soluzioni attraverso procedure e piani d'azione per la standardizzazione e il miglioramento dei processi. In figura XX vengono riportati gli schemi di applicazione dei principi del sistema di miglioramento continuo strutturato. [26]

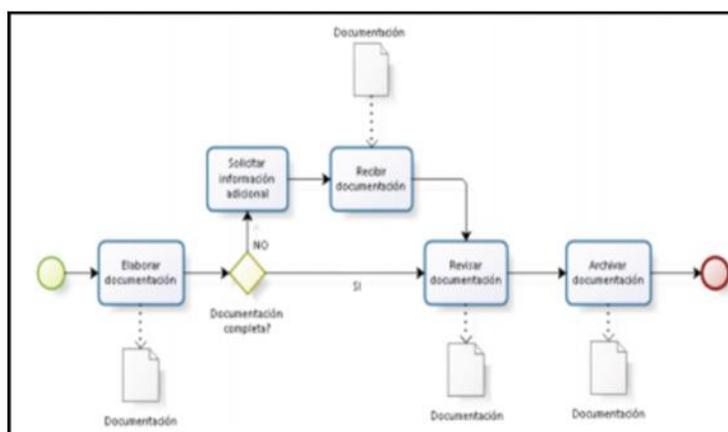


Fig. 21: (a) principio di documentazione per le MSEs di cacao in Perù. [26]

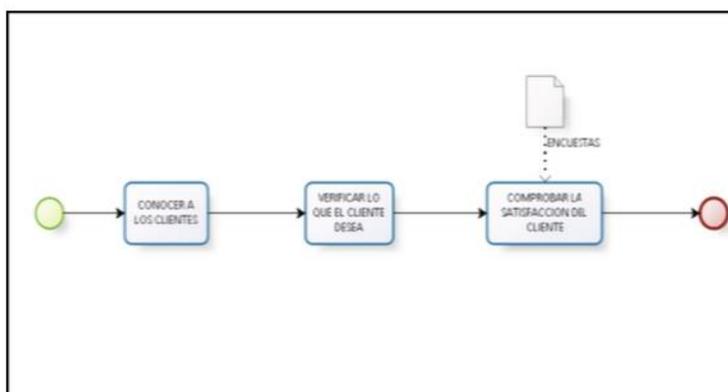


Fig. 22: (a) principio di customer-focus per le MSEs di cacao in Perù. [26]

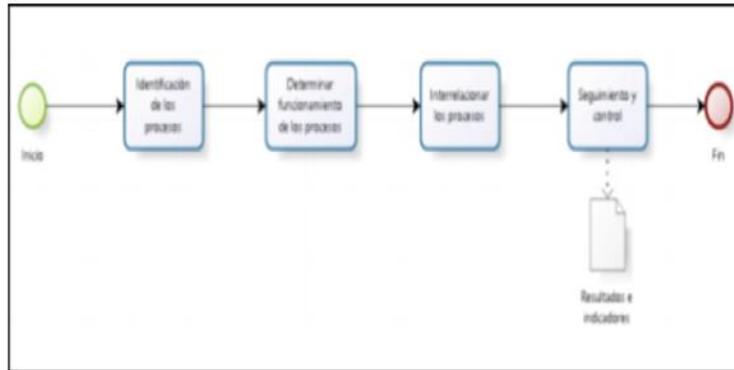


Fig. 23: (a) principio di approccio process-based per le MSEs di cacao in Perù. [26]

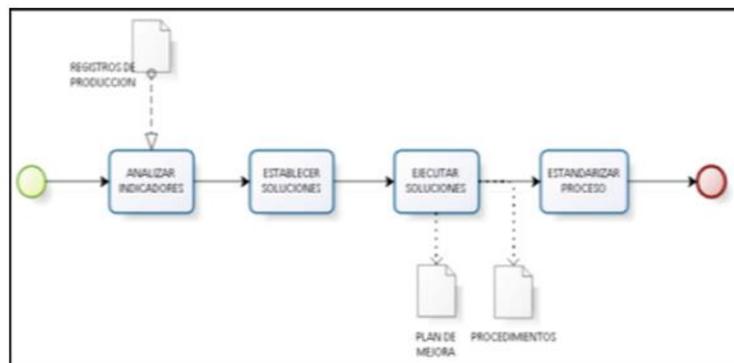


Fig. 24: (a) principio di miglioramento continuo per le MSEs di cacao in Perù. [26]

Traendo le conclusioni del lavoro proposto, è evidente come i coltivatori di cacao non abbiano processi standardizzati, tutti hanno modi diversi di eseguire ciascuno dei processi produttivi, utilizzano strumenti diversi e input diversi. Proprio per questo motivo è necessario un QMS per migliorare la produttività degli appezzamenti della regione. La tabella in figura 25 corrisponde alla definizione delle procedure documentali per le MSEs del cacao a Cusco, che implicano innanzitutto la definizione di standard per ciascuna delle attività del processo di produzione relativo alla qualità finale della fava di cacao. Inoltre, si è potuto individuare che le procedure sono carenti se confrontate con quelle di altre nazioni produttrici e che la frequenza con cui vengono documentate non è ottimale, non avendo a disposizione alcuna conoscenza su quale sia il modo corretto di gestire il sistema di gestione della qualità e dal momento che non si ha alcun tipo di

esperienza precedente. D'altra parte, l'approccio di innovazione e miglioramento continuo è sempre più di vitale importanza per allinearsi agli standard qualitativi di molti degli altri settori produttivi in ambito alimentare, nei quali il monitoraggio e i controlli vengono effettuati per prassi, dallo studio dei terreni all'ottenimento di un prodotto di qualità. [26]

QMS document procedures for coca MSEs in Cusco.	
Code	Description
4.1/01	Control of documents
4.1/02	Control of records
4.1/03	Management review
4.1/04	Personnel training
4.1/05	Planning of product realization
4.1/06	Control of suppliers and purchasing
4.1/07	Identification and traceability
4.1/08	Control and monitoring
4.1/09	Customer satisfaction
4.1/10	Internal audit
4.1/11	Control of nonconforming product
4.1/12	Corrective and preventive action

Fig. 25: tabella con la documentazione necessaria alla MSEs peruviane per il C.I. [26]

Pertanto, implementare il QMS con buone pratiche agricole è il modo migliore per giungere agli standard di processo che, come detto, servirebbero da guida per gli agricoltori del settore, allo scopo di fornire sia ai responsabili che alla sfera produttiva e logistica le informazioni che consentano loro di sviluppare con successo le procedure di sviluppo del prodotto necessarie a fronteggiare la crescita del settore e la mancanza di competitività in termini di innovazione delle micro e piccole aziende del cacao in Perù. [26]

Come esempio di customer feedback system (CFS) viene presentato il caso studio dell'Areonautical Development Establishment (ADE) di Bangalore, estratto da un articolo scientifico di Swami (2006). Il processo di feedback del cliente è una parte essenziale del sistema di gestione della qualità. Il riscontro dei clienti è uno dei principali indici di prestazione che possono essere utilizzati per giudicare l'efficacia complessiva del prodotto. Questo strumento è la fonte per identificare l'area critica in cui il miglioramento della qualità è richiesto. L'ADE ha implementato un sistema di feedback dei clienti per le forniture di produzione in serie limitata (LSP) di Lakshya (UAV), focalizzato su alcuni aspetti tecnici del prodotto, questioni gestionali e relative alla manutenzione del progetto, comprese aree specifiche che necessitano di attenzione immediata e suggerimenti per miglioramenti ottenibili dai clienti. Il processo di CFS adottato è mostrato nella figura 26. ADE utilizza i dati ricevuti attraverso queste tecniche di feedback diretto e indiretto da parte dei clienti come input per un approccio di processo strutturato per ottenere risultati nella direzione della soddisfazione complessiva dei clienti. I risultati di questo processo, come il miglioramento della progettazione dei componenti, del processo di produzione, del processo di supporto alla manutenzione, del processo di revisione della direzione, dei corsi di formazione per il supporto dei clienti e della standardizzazione e automazione delle procedure di test, sono invece mostrati nella figura 27. L'approccio al processo strutturato ha comportato un valore aggiunto e miglioramenti di progettazione per una serie di apparecchiature sviluppate. [27]

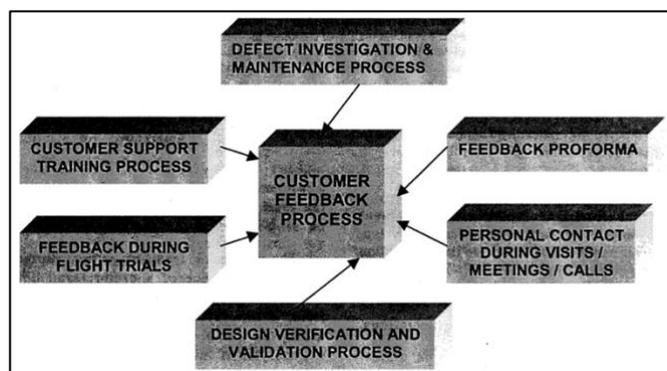


Fig. 26: input del CFS di ADE. [27]

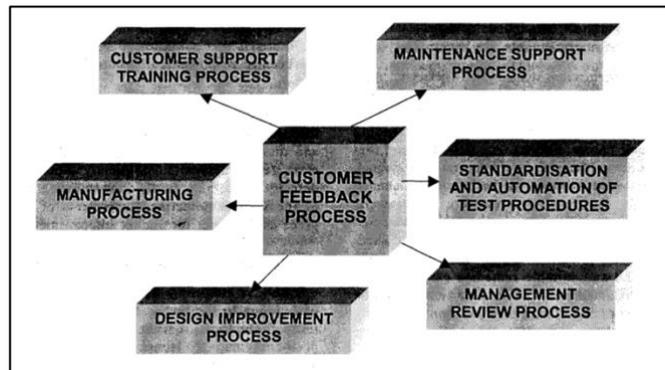


Fig. 27: output del CFS di ADE. [27]

ADE ha quindi implementato una procedura di segnalazione e indagine dei difetti per i Lakshya. Pertanto, i difetti sono stati classificati come difetti gravi, difetti ricorrenti o difetti noti, a seconda della loro natura. Le statistiche sull'incidenza dei guasti devono essere mantenute correttamente e aggiornate per l'analisi e per richiedere ulteriori indagini. Il rapporto sui difetti dovrebbe indicare la nomenclatura dell'apparecchiatura con il codice prodotto e il numero di serie, i dettagli del difetto (sintomi di guasto), la data in cui si è verificato il difetto, le circostanze in cui il difetto si è verificato o è stato scoperto, l'effetto del guasto, nonché commenti e raccomandazioni. Anche la scheda storica o la scheda di registro del prodotto/componente deve essere conservata e inviata insieme al gruppo dell'articolo difettoso per un'indagine sistematica dei difetti. Inoltre, i difetti segnalati dai clienti devono essere registrati e gli articoli difettosi devono essere trasmessi al centro di lavoro interessato per l'indagine sui difetti e le misure correttive insieme a una copia del rapporto sui difetti da parte del cliente nel formato prescritto. Dopo il completamento dell'indagine sui difetti, il centro di lavoro prepara un rapporto di indagine su quanto ottenuto (DIR). Le misure correttive, come raccomandato dal team dell'ufficiale investigativo sui difetti, vengono poi coordinate con il centro di lavoro interessato, responsabile dell'azione correttiva e/o preventiva. Il coinvolgimento di tutte le parti coinvolte nella tempestiva segnalazione, invio, indagine e diffusione dei risultati contribuisce notevolmente a ridurre i ritardi e in definitiva, a eliminare considerevolmente i difetti. Inoltre, l'analisi statistica dei vari componenti o

sistemi difettosi fornisce input utili per il miglioramento della qualità. Come esempio di implementazione del CFS, lo studio riporta l'analisi di miglioramento continuo condotta dall'ADE sui monitor Barco (RGD 651) come parte della stazione di controllo a terra. Nel corso delle prove di volo si è constatato che i guasti ai monitor erano piuttosto frequenti. Ciò rappresentava una seria preoccupazione per ADE poiché la capacità operativa dei servizi offerti era limitata a causa dei guasti. L'ADE aveva quindi preso l'iniziativa di effettuare un'indagine adeguata e un'azione correttiva di questo difetto. L'indagine comprendeva l'analisi del feedback dei clienti in cui sono stati segnalati sette guasti dai tre servizi su nove monitor Barco in un triennio intero. I difetti segnalati dai clienti sono stati esaminati e sono riportati nella tabella in figura 28. [27]

Sl. No. of Monitor	Part No.	Defect reported	Corrective action taken
5118180	V 9517754	Loose contact at RF input point	Coaxial pin cable pin refitted
5118179	V 9517754	No display on screen	EHT module was replaced
5118180	V 9517754	- do -	-do-
5118183	V 9517754	- do -	-do-
5118182	V 9517754	Display flickering	Power supply module was replaced
5199251	V 9519872	No display on screen	EHT module was replaced
5199250	V 9519872	- do -	Power supply module was replaced

Fig. 28: difetti riscontrati ed azioni correttive prese per i guasti dei monitor Barco. [27]

Dai dati ricevuti nel feedback dei clienti è stato osservato che il modulo EHT si è guastato quattro volte, il modulo di alimentazione si è guastato due volte e un guasto era dovuto a un contatto allentato in un punto di ingresso RF. Dopo l'analisi si è ritenuto che la causa dei sei guasti fosse dovuta all'elevata umidità nel luogo di prova e che un guasto fosse dovuto alla cattiva lavorazione. Le cause dei guasti nel monitor Barco sono mostrate nel grafico a torta in figura 29 assieme alle azioni correttive adottate. Il modulo EHT che richiede un'alimentazione da 25 kV, che è molto sensibile all'umidità elevata e può funzionare in modo soddisfacente fino al 95% di umidità relativa per questo modello ma una volta che il livello di umidità aumenta oltre il consentito, si brucia a causa di un cortocircuito. [27]

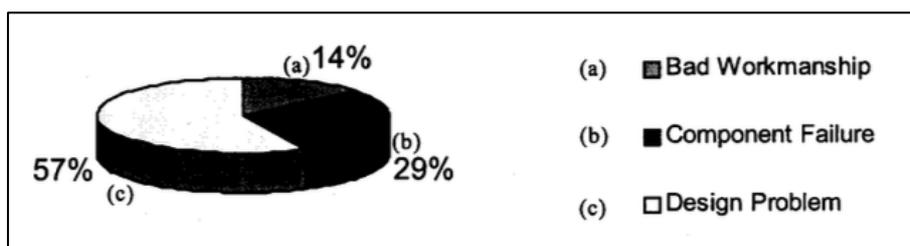


Fig. 29: cause riscontrate dei guasti dei monitor Barco. [27]

Oltre all'implementazione delle azioni correttive, il sistema di miglioramento continuo ha previsto anche la messa in atto delle azioni preventive: al fornitore è stato suggerito di effettuare l'incapsulamento del modulo EHT, del modulo di alimentazione e di altre parti con uno strato protettivo poiché i livelli di umidità relativa nel sito operativo superavano il 95%. Successivamente, tutti i moduli del monitor Barco (RGD 651) sono stati rivestiti con un rivestimento a doppio strato a base di silicio per superare il guasto dei componenti. Al termine dell'analisi condotta, è stato ritenuto comunque opportuno da ADE interrompere l'approvvigionamento di monitor RGD 651 per la stazione di controllo a terra di Lakshya e predisporre invece l'utilizzo di display meno spessi e più robusti per resistere ad ambienti estremi. Si può concludere che l'implementazione del sistema di miglioramento prodotto ed in particolare di raccolta dei feedback dei clienti è essenziale quando un'organizzazione deve dimostrare la propria capacità di fornire costantemente prodotti che soddisfano sia i requisiti dei compratori che quelli normativi applicabili e mira a migliorare la soddisfazione dei clienti. Pertanto, i difetti segnalati dai clienti dovrebbero essere adeguatamente analizzati per superare i problemi e ottenere il miglioramento della qualità del prodotto. Tali analisi sono essenziali per migliorare la qualità dei sottosistemi oltre che per ottenere la soddisfazione dei clienti e l'efficacia complessiva del prodotto. Inoltre, da questo caso di studio è possibile dedurre che ciascuna apparecchiatura dovrebbe essere progettata e testata nelle condizioni ambientali estreme a cui deve essere esposta prima di introdurre in commercio un sistema o un prodotto delicato. [27]

Nell'articolo proposto da Ahonen et al. (2022), viene analizzato come un database di miglioramento continuo possa essere utilizzato nei progetti edili di un'azienda canadese che utilizza una produzione "takt-time". Il concetto di takt-time si riferisce alla velocità con cui un prodotto o servizio dovrebbe essere realizzato per soddisfare la domanda dei clienti. Quindi, questo approccio viene utilizzato per stabilire il ritmo della produzione e garantire che prodotti e servizi siano disponibili alla giusta cadenza per soddisfare le esigenze del mercato. Il modello di miglioramento continuo della produzione takt-time propone che nella fase di produzione i dati vengano raccolti e categorizzati con una struttura a pacchetti di lavoro, cosicché mentre vengono raccolti nuovi dati e informazioni il sistema possa beneficiare contemporaneamente dell'utilizzo delle conoscenze pregresse legate ai work package. Questo sistema prevede inoltre un processo produttivo standardizzato che può essere sviluppato sistematicamente. Secondo la categorizzazione delle informazioni e dei dati, esistono diversi tipi di processi che accompagnano le informazioni dalla fase di raccolta fino alla fase di implementazione. Tutti però, seguono la seguente struttura in tre fasi (presentata in figura 30): raccolta di informazioni e dati, indirizzamento delle informazioni e implementazione delle azioni correttive e preventive. [28]

Information process	Step 1: Collecting data and information (Worksite personnel)	Step 2: Addressing information (Development organization)	Step 3: Implementation (Development organization and worksite personnel)
Update based on user feedback	Current work package as initial data. Update based on simple modification to content of package.	Update is edited to content of work package with basic information of project and reason for update.	Person in charge for work package checks and agrees to modification, after which users can see the update. (Updated work package.)
Update based on analysis of data	Work package specific data collected as initial data, supported with memos and results of project.	Inspection of data to search improvement targets, with methods such as statistics and data mining.	Update of instructions of work package or editing current work packages. Information sharing ensured with info or trainings. (Updated work package.)
Update based on user's suggestion	Solution found in community of practice or suggested development by individual.	Adapting solution to current procedure and forming instructions to implementation.	Information sharing with info or handouts, supported with specialist implementation if necessary. (New or updated procedure of working.)
Update based on analysis of operations	Work package specific data collected as initial data, supported with memos and results of project. Root cause analysis is encouraged.	Assembled analysis of data and memos to justify and explain the need of update, formed into procedure. Root cause analysis is encouraged.	Project-specific implementation to ensure adequate support and correct interpretation of new or updated procedure. Supported with info and training. (New or updated procedure of working.)

Fig. 30: step del processo di miglioramento continuo per una takt-time production. [28]

Dopo che ogni progetto ha ottenuto feedback, i dati vengono indirizzati per riconoscere i potenziali obiettivi di sviluppo dell'attuale processo produttivo. Inoltre, se di adeguata qualità, i dati possono essere sottoposti ad analisi automatizzate per ottenere analisi a supporto del processo decisionale. Disporre di informazioni strutturate consente infatti un'analisi approfondita delle cause profonde per supportare il miglioramento continuo. Il processo di C.I in una takt-time production può essere descritto approssimativamente come segue: pianificazione della produzione - creazione del piano takt utilizzando i pacchetti di lavoro dell'organizzazione, in modo che i pacchetti di lavoro familiari possano essere applicati nella pianificazione takt di un progetto costruendo un prodotto relativamente noto, semplificando il compito di definire le aree e le sequenze di lavoro; produzione - utilizzo dei pacchetti di lavoro familiari che vengono continuamente adattati per adattarsi al progetto attuale, consentendo allo stesso tempo il miglioramento; elaborazione dei risultati e analisi dei dati - imparare dalle informazioni acquisite in un progetto per garantire che la creazione del prossimo piano takt terrà conto delle lezioni apprese nel progetto precedente di costruzione di un prodotto relativamente simile. Per validare il modello descritto sono stati avviati dei focus group nei quali è stato richiesto di esporre quali fossero i requisiti necessari alla corretta implementazione di questa tipologia di sistema. Il responso più rilevante è stato che è sicuramente necessario concentrarsi sulla qualità della raccolta dei dati, poiché in prima battuta i requisiti non erano completamente soddisfatti. Gli intervistati hanno per lo più concordato nel presentare obiettivi di sviluppo che sono stati utilizzati per formare il modello di processo adatto alle esigenze pratiche. Durante la discussione sono poi state fatte osservazioni su due principali sfide che potrebbero verificarsi nell'implementazione del processo i C.I: per prima cosa la necessità di incoraggiamento del personale a fornire feedback al processo di produzione corrente e la necessità di omogenizzare in azienda i parametri di produzione takt utilizzati, perché un loro disallineamento potrebbe portare a malintesi. In conclusione, il responso dell'azienda interessata si è concentrato sull'implementazione del sistema di miglioramento continuo e su come garantire il suo successo. L'osservazione più critica è stata che le fasi del

progetto dovevano essere concordate in tutta l'azienda e comprensibili ad ognuno per garantire che l'interesse del personale del sito comprendesse il contenuto, per far sì che i vantaggi effettivi dello sviluppo fossero colti nel minor tempo possibile. Nel complesso, si è riscontrato che il sistema di sviluppo proposto richiedeva chiarimenti per il personale coinvolto e che i seguenti sviluppi erano necessari a risolvere le problematiche (o potenziali tali) descritte: concordare la terminologia di produzione comune delle produzioni takt-time all'interno dell'organizzazione (o del settore); definire i responsabili dei pacchetti di lavoro per monitorare gli aggiornamenti e la fattibilità di questi; creare un sistema di feedback rapido e facile da usare e guidarne l'utilizzo; incoraggiare feedback e idee di sviluppo per creare un'etica di miglioramento; definire un programma per la gestione del feedback e l'aggiornamento del contenuto della struttura dei dati (pacchetti di lavoro); armonizzazione di altre operazioni (come l'approvvigionamento) con la struttura di produzione takt-time e i pacchetti di lavoro; verificare che ogni aggiornamento o modifica al processo produttivo sia implementato con adeguato supporto da parte degli specialisti responsabili del processo di miglioramento continuo. [28]

Il documento redatto da Abramovici et al. (2011) descrive un concetto unificante di gestione dei dati di rilevazione per i sistemi di assistenza al feedback. Il sistema di assistenza concepito deve essere integrato nel panorama sistemico esistente. L'obiettivo della piattaforma di miglioramento continuo è sfruttare le informazioni legate a feedback sistemici dei sensori o a dati di servizio che vengono acquisiti durante l'utilizzo di una pompa o di un qualunque apparecchio idraulico, per lo sviluppo di quest'ultimo. Il concetto di base è sfruttare le informazioni sull'utilizzo del prodotto (PUI) per alimentare un sistema di miglioramento continuo finalizzato all'avanzamento di performance ed affidabilità delle pompe idrauliche. Per realizzarlo, viene utilizzato un database di raccolta feedback e degli strumenti di lavorazione dei dati che permettono agli addetti di tradurre in azioni concrete i dati e le segnalazioni ricevute. [30]

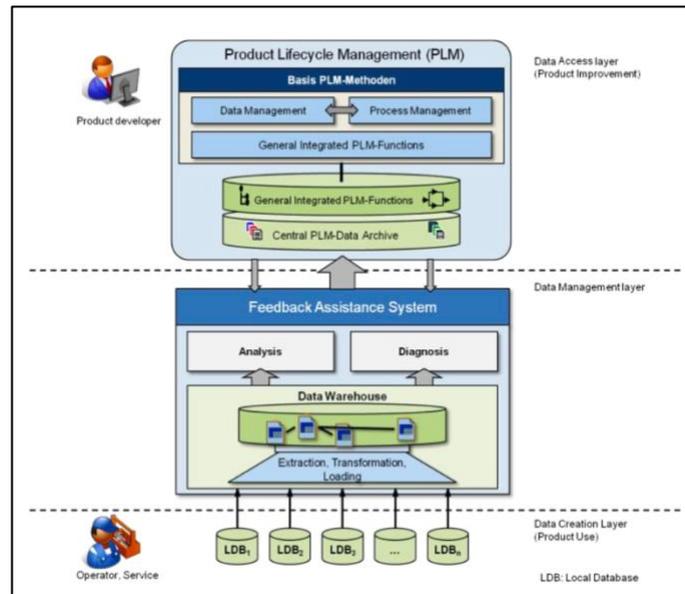


Fig. 31: modello di utilizzo delle PUI per il miglioramento prodotto. [30]

Le informazioni che è possibile acquisire dai sistemi idraulici sono i dati trasmessi dai sensori, che forniscono pressione operativa, temperatura operativa, velocità di rotazione della girante e se presenti, vibrazioni e disassamenti. In aggiunta, vengono raccolti anche i dati di servizio raccolti ad esempio dal cliente o dal personale di manutenzione, che così facendo forniscono informazioni sui dati operativi (tempo di utilizzo, carico durante l'uso), sui malfunzionamenti (momento del guasto) e sulla tipologia di guasto. La combinazione di tutte le informazioni sopra riportate facilita un monitoraggio completo della pompa, in modo tale che ogni fallimento possa essere ricondotto alla sua causa. All'interno del sistema di C.I, attraverso la sensoristica, la fase manutentiva e la gestione della qualità vengono generati e gestiti i dati anagrafici dei feedback. Ogni segnalazione deve essere individualmente e univocamente identificabile e per questo si utilizza un numero di serie che viene sfruttato anche come chiave primaria durante l'intero scambio di dati. All'interno del database strutturato (DWH), viene utilizzato il numero di serie per clusterizzare le segnalazioni e creare una relazione biunivoca tra i feedback critici ricevuti per un dispositivo e i dati di fabbricazione e utilizzo inseriti manualmente dall'utente. Il sistema PLM gestisce i dati degli utenti e i diritti di accesso, che essendo a loro volta ereditati dal DWH, rendono non

necessaria una gestione separata degli utenti e degli accessi. In figura 32 viene riportato uno schema più completo del flusso delle informazioni nel sistema appena descritto. [30]

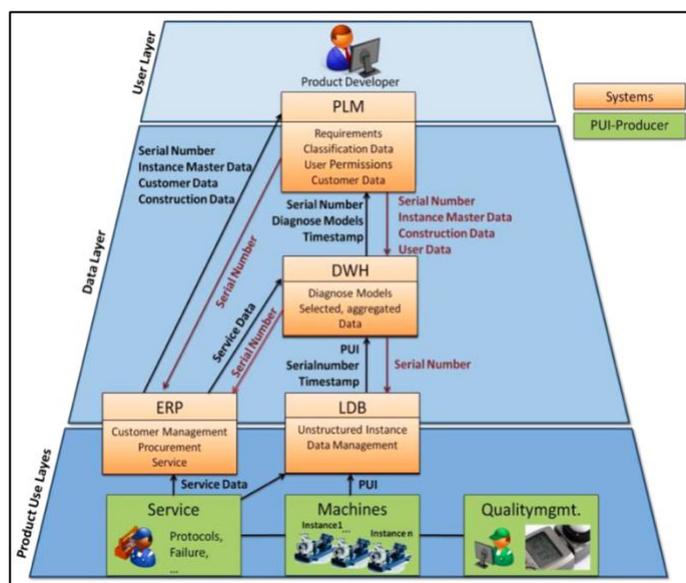


Fig. 32: flusso delle informazioni all'interno del sistema di miglioramento continuo. [30]

MySQL Workbench - SQL Editor

premas

Scratch Scratch Scratch

1 EDIT 'WIRPro', 'CM_Data';

Overview Output Snippets CM_Data (1)*

#	CM_Data_ID	Date	OperatingHours	Rotationspeed	PressureStart	Temperature
1	A01-G01-K0000-000002	01.01.2010	16	134	1.25	1.67
2	A01-G01-K0000-000002	02.01.2010	30	125	1.21	1.45
3	A01-G01-K0000-000002	03.01.2010	54	132	1.32	1.56
4	A01-G01-K0000-000002	04.01.2010	78	122	1.26	1.57
5	A01-G01-K0000-000002	05.01.2010	88	124	1.35	1.45
6	A01-G01-K0000-000002	06.01.2010	4	123	1.34	1.68
7	A01-G01-K0000-000002	07.01.2010	28	142	1.32	1.71
8	A01-G01-K0000-000002	08.01.2010	52	121	1.25	1.75

Fig. 33: estratto delle PUI dal database DWH. [30]

In generale, la pompa idraulica è solo uno dei possibili prodotti che trovano applicazione nel sistema ideato, i requisiti per rendere utile l'implementazione della piattaforma di C.I sono che il bene sia venduto su larga scala e/o che sia

equipaggiato con sensoristica evoluta e completa, in modo tale da acquisire un range ed una varietà elevata di feedback. In conclusione, la piattaforma di raccolta e lavorazione dei dati è stata testata in uno scenario reale e i risultati hanno confermato l'utilità della sua implementazione seppur sia apparso evidente come oltre alla ricezione e catalogazione delle PUI, sia necessario prevedere una struttura ed un sistema di supporto alla concretizzazione delle migliorie apportabili in ottica di miglioramento continuo. [30]

Il "Lean Enterprise Web-based Information System" (LEWIS System) costituisce un valido esempio di sistema di supporto decisionale (DSS) al miglioramento continuo implementato in campo civile ed architettonico. La piattaforma è stata oggetto di studio da parte di Sriprasert e Dawood (2003), che nell'articolo di letteratura scientifica pubblicato spiegano l'idea ed il funzionamento dello strumento digitale basato sull'utilizzo dei server Microsoft SQL come database di miglioramento continuo. Di seguito viene riportata la tabella che sintetizza i principi teorici su cui è fondata l'idea del sistema di miglioramento continuo proposto nel caso studio. [29]

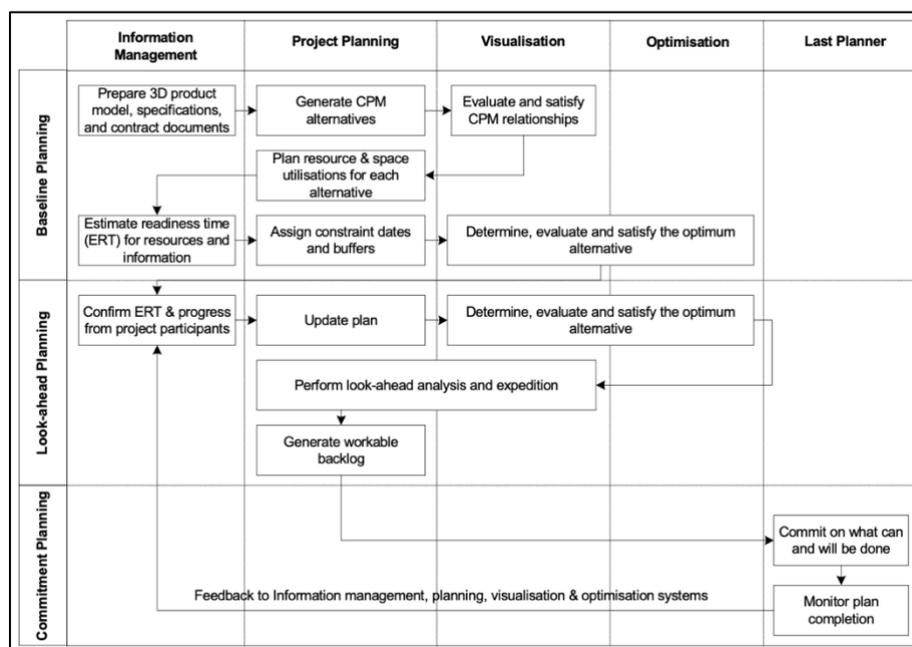


Fig. 34: pianificazione della struttura del sistema LEWIS. [29]

La progettazione del DSS si è basata su un concetto di applicazioni composte in cui l'estensibilità dei dati e l'utilizzo delle capacità esistenti nei pacchetti applicativi standard possono essere vantaggiosi se racchiusi all'interno della stessa piattaforma. Il nucleo dell'architettura è un sistema di gestione del database relazionale centrale (RDBMS) in cui il modello di prodotto (CAD), il modello di processo (programmazione), le informazioni a monte (ovvero disegni, specifiche, dichiarazioni di metodo, informazioni sulle risorse, ecc.) e le informazioni a valle (ovvero piano di lavoro settimanale e feedback) sono integrati. Il sistema di database è stato denominato Lean Enterprise Web-based Information System (LEWIS), e Microsoft SQL Server 2000 è stato scelto per l'implementazione del database per la sua ampia versatilità e scalabilità. È importante notare che la progettazione del LEWIS System non è stata concepita per essere un sistema completamente integrato né per sostituire i sistemi di pianificazione delle risorse aziendali e le applicazioni proprietarie, bensì è invece stato pensato come un sistema che raccoglie informazioni elaborate da organizzazioni di supporto a monte per i benefici della pianificazione e dell'istruzione sul posto di lavoro. La figura 35 presenta un'architettura DSS complessiva per la pianificazione. L'architettura è organizzata in tre strati principali e ciascuno di essi è descritto come segue. [29]

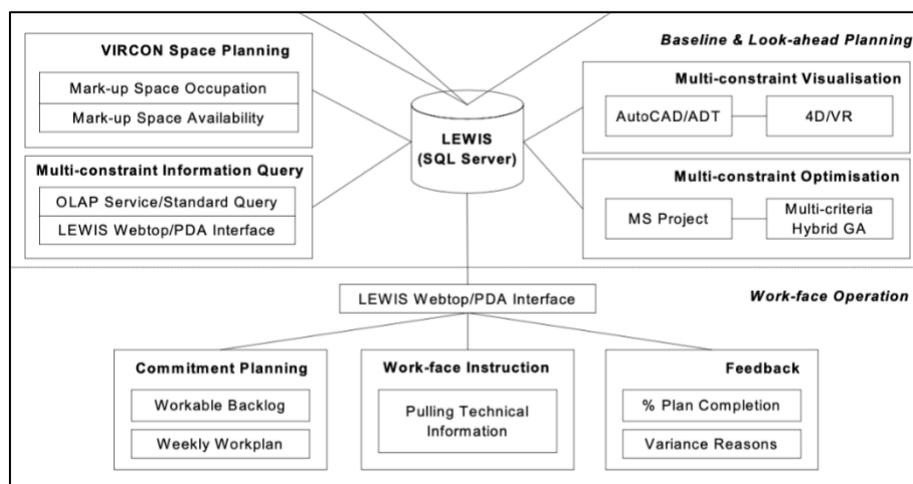


Fig. 35: schema dell'architettura del sistema LEWIS. [29]

Le funzioni di supporto a monte includono progettazione, ingegneria, gestione dei contratti, contabilità e controllo dei costi, approvvigionamento, controllo delle scorte, garanzia della qualità, gestione della sicurezza e del rischio e così via. Queste funzioni sono solitamente eseguite da più figure (ad esempio progettista, consulente, appaltatore, fornitori e subappaltatori), sia fuori sede che in loco e durante più periodi durante la fase di costruzione utilizzando applicazioni e database eterogenei. Ci sono due modalità per accedere al database LEWIS: tramite l'interfaccia web (PC normale e browser web) e l'interfaccia PDA wireless (Pocket PC). Nel settore edile ed architettonico, considerata la data di conclusione del contratto e il budget consentito, un piano di base ottimale che tiene conto delle circostanze impreviste viene generalmente preparato all'inizio della fase di costruzione. Una volta che la costruzione procede e le consegne di risorse e informazioni sono confermate, dovrebbe essere eseguita una pianificazione preventiva in modo che i vincoli associati alle attività pianificate possano essere soddisfatti in modo proattivo. Il dipartimento di pianificazione dell'appaltatore principale, con il supporto collaborativo del personale a monte e a valle, è normalmente responsabile di queste due funzioni e per facilitare questo processo di collaborazione, sono stati sviluppati quattro componenti principali nel layer operativo del LEWIS System, descritti brevemente come segue:

- Pianificazione spaziale VIRCON – è un insieme integrato di strumenti sviluppati nell'ambito del progetto Virtual Construction Site (VIRCON), finanziato dal governo britannico, i cui strumenti sono utilizzati come strumenti per contrassegnare la ripartizione dello spazio occupato o non a disposizione in cantiere.
- Query di informazioni multi-vincolo: utilizza il servizio OLAP (On-Line Analysis Processing) per creare query interattive basate su browser per informazioni multi-vincolo. Questa tecnologia fornisce un potente strumento che aiuta i pianificatori di progetto a comprendere i problemi in modo più chiaro e a prendere decisioni in modo più efficace. Inoltre, il

sistema offre agli utenti la possibilità di generare query su richiesta utilizzando moduli di ricerca standard.

- Visualizzazione multi-vincolo: estende la capacità delle tecnologie di visualizzazione 4D (3D+tempo) e di realtà virtuale (VR) per valutare non solo i vincoli fisici ma anche contratti, risorse e vincoli informativi. Il prototipo 4D è stato sviluppato utilizzando Visual Basic for Application (VBA) integrato nell'ambiente Autodesk Architectural.
- Ottimizzazione multi-vincolo: utilizza un approccio di ottimizzazione ibrido per riprogrammare il piano di progetto. Dati molteplici vincoli come la dipendenza dalle attività, l'area di lavoro limitata e le risorse e disponibilità delle informazioni, l'algoritmo altera le priorità delle attività e i metodi di costruzione in modo da arrivare ad un insieme ottimale o quasi di durata del progetto, costi e profili di risorse uniformi. Questa funzionalità è stata sviluppata come macro incorporata nel software di gestione dei progetti MS Project. [29]

Dal punto di vista dell'integrazione del processo di miglioramento continuo e del supporto agli strumenti applicativi sopra descritti, la piattaforma LEWIS ha esteso la capacità dei sistemi esistenti da strumenti di gestione della documentazione e comunicazione a diventare un DSS per la pianificazione multi-vincolo. Il sistema si propone come strumento per sostenere la cultura orientata alla produzione e colmare il divario tra gestione, pianificazione ed esecuzione nelle imprese di costruzione. È progettato come un repository di informazioni basato sul web che consente agli utenti di analizzare i molteplici vincoli di costruzione imposti dalle organizzazioni di supporto a monte, dai progettisti e dal personale sul posto di lavoro. In questo caso, le organizzazioni di supporto possono essere informate del recente stato aggiornato del progetto e dei requisiti sul posto di lavoro. I pianificatori possono essere informati sulla capacità dei team di supporto di fornire le informazioni e le risorse richieste secondo la filosofia Just-In-Time e, a sua volta, può aggiornare realisticamente il piano di esecuzione e garantire incarichi e istruzioni di qualità per il lavoro svolto. Infine, il personale sul posto di lavoro può

recuperare informazioni e inviare tempestivamente richieste o discutere problemi ai team responsabili. Viene riportato di seguito l'interfaccia web principale del sistema di supporto decisionale. [29]

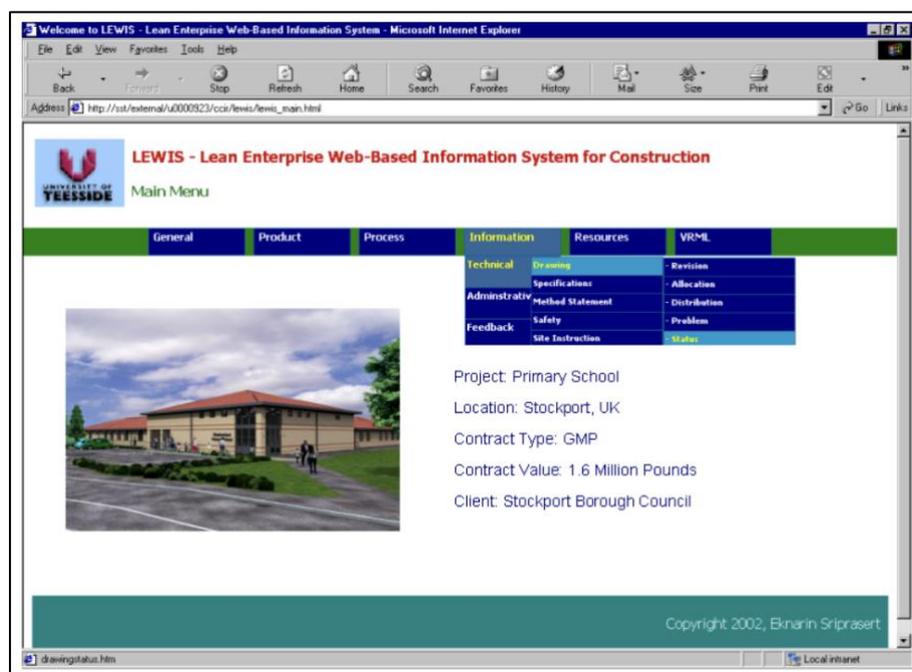


Fig. 36: interfaccia web principale del sistema LEWIS. [29]

La home page del sistema LEWIS si presenta come un insieme di menù a tendina che garantiscono accesso diretto alle varie informazioni di progetto e funzionalità della piattaforma. I dati contenuti nel database vanno da informazioni generali sul progetto, dati geometrici del prodotto, pianificazione generale e piano di lavoro settimanale, documenti di progetto, informazioni sulle risorse, clip di simulazione virtuale e modelli CAD che presentano l'avanzamento del lavoro. È possibile consultare molte normative riguardanti vincoli fisici, contrattuali, di impiego delle informazioni e delle risorse di ciascuna attività. Uno dei principali vantaggi di LEWIS rispetto ad altri sistemi simili è che tutte le informazioni archiviate nel database hanno relazioni dirette con i prodotti e pianificazione del progetto. Di conseguenza, lo stato di ciascun progetto può essere visualizzato nell'ambiente virtuale e le scadenze delle attività associate a questo possono essere aggiornate automaticamente. Inoltre, è una piattaforma che integra la pianificazione di livello

superiore (CPM) con la pianificazione a livello operativo (piano di lavoro settimanale). Come anticipato, l'interazione con il sistema è possibile sia da pc tramite web che da dispositivo mobile. Un esempio di inserimento dati con le due tipologie di apparecchio è presentato in figura 37 e figura 38. [29]

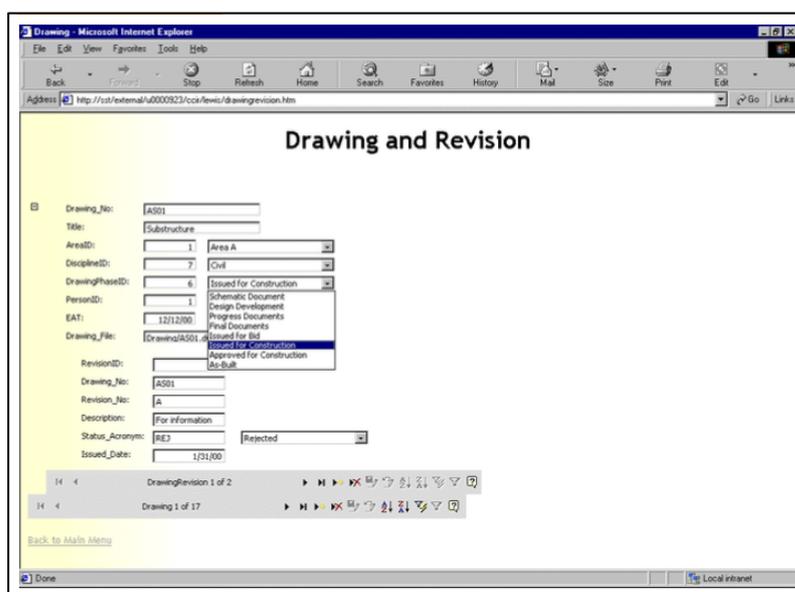


Fig. 37: esempio di inserimento dati in LEWIS System via portale web. [29]



Fig. 38: esempio di inserimento dati in LEWIS System via dispositivo mobile. [29]

In conclusione, è possibile affermare che la piattaforma LEWIS sia stata sviluppata per soddisfare diversi requisiti, tra cui la funzione di supporto decisionale, una efficiente pianificazione collaborativa e multilivello, lo sviluppo di un sistema che integrasse tutte le variabili presenti nella realizzazione di un sito in commessa e per mettere a disposizione degli addetti uno strumento appropriato per la rappresentazione visiva, che snellisse la procedura precedente di fruizione grafica e che consentisse di poter accedere alla documentazione utile in qualsiasi luogo e momento. Il sistema è stato provato utilizzando dati di casi reali ed è stato presentato ai progettisti senior dei principali appaltatori del Regno Unito. Si è riscontrato che la maggior parte dei progettisti ha compreso i vantaggi del sistema e, in particolare, la funzionalità di visualizzazione. Uno di loro si è inoltre impegnato ad utilizzarlo nella sua azienda. Tuttavia, per implementare il sistema in modo completo e con successo, sarebbe stato necessario apportare alcuni miglioramenti sia alla gestione delle informazioni che al sistema di visualizzazione. Inoltre, è stato ritenuto necessario provvedere a questioni organizzative come mettere a disposizione una formazione specifica per l'utilizzo della piattaforma e lo sviluppo di una cultura aziendale adeguata all'adozione di uno strumento innovativo come il LEWIS System vista la carenza di partecipazione attiva riscontrata nella prova di utilizzo. [29]

L'articolo di Beckett et al. (2000), propone un sistema di gestione delle informazioni e più in generale delle conoscenze per le industrie manifatturiere che necessitano sempre più di strumenti adatti alle sfide che insorgono nell'espansione interna e dei mercati. Le organizzazioni si trovano ad affrontare livelli crescenti di concorrenza a causa della globalizzazione dei mercati dei prodotti e per sopravvivere, è diventato vitale ottenere vantaggi competitivi sostenibili. Come base per ottenere tali vantaggi, le aziende possono cercare di ottimizzare il funzionamento dei loro sistemi di produzione, consentendo agli output del processo di modificare gli input, migliorando così il processo ed il prodotto in modo continuo. Lo scopo della ricerca condotta è stato quello di testare la tesi secondo cui il concetto di controllo del feedback può rappresentare un beneficio

per tutti i settori dell'impresa se l'enfasi fosse ampliata dal supporto dell'efficienza del processo a un risultato aziendale generale di vantaggio competitivo. Ciò ha dato vita a un sistema integrato di miglioramento continuo che comprende la supervisione di più fasi e funzioni organizzative da affiancare al controllo del processo produttivo, come lo sviluppo del prodotto, la progettazione e la ricerca. L'idea è stata quella di basare il sistema sulla ricezione e storicizzazione dei feedback critici ricevibili durante lo sviluppo e la vita utile del prodotto, per costituire un fondamento di conoscenze da gestire attraverso il sistema di knowledge management in oggetto e costruire quindi un vantaggio competitivo a lungo termine sui competitors. A tal proposito, nelle figure 39 e 40 viene riportato lo schema di gestione delle conoscenze e dei possibili output ottenibili dal corretto trattamento di queste. [31]

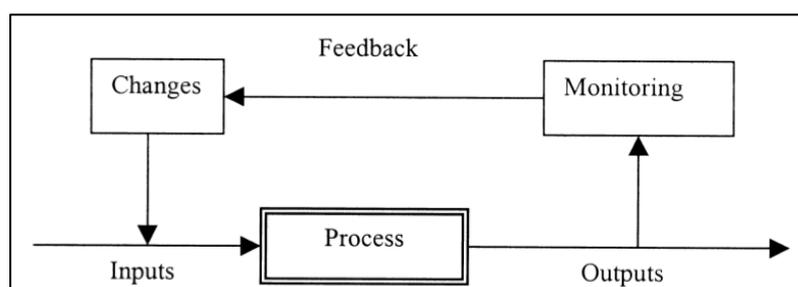


Fig. 39: loop di miglioramento continuo basato sui feedback critici. [31]

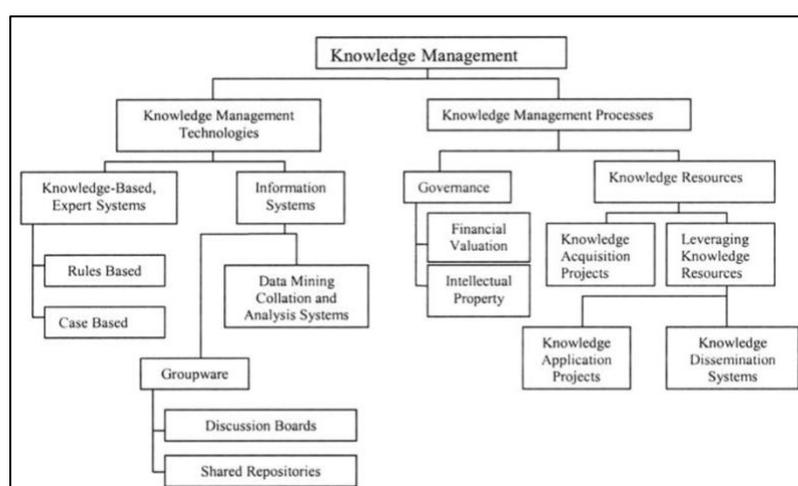


Fig. 40: processo di knowledge management e output ottenibili. [31]

Nel concreto, l'implementazione del processo di miglioramento continuo è stata eseguita in un'azienda manifatturiera di medie dimensioni (circa cinquecento dipendenti) che produce macchine elettriche industriali complesse. Processi ad hoc di gestione della conoscenza erano in atto da molti anni e avevano evidenziato i problemi solitamente associati a questi approcci. Era stato introdotto un processo di monitoraggio della qualità e il desiderio del management era quello di migliorare l'utilità dei dati prodotti, al di là del semplice monitoraggio del processo. Per la messa in opera del quadro di gestione della conoscenza è stata necessaria l'implementazione tramite hardware, software e procedure di lavoro che è schematizzabile come in figura 41. [31]

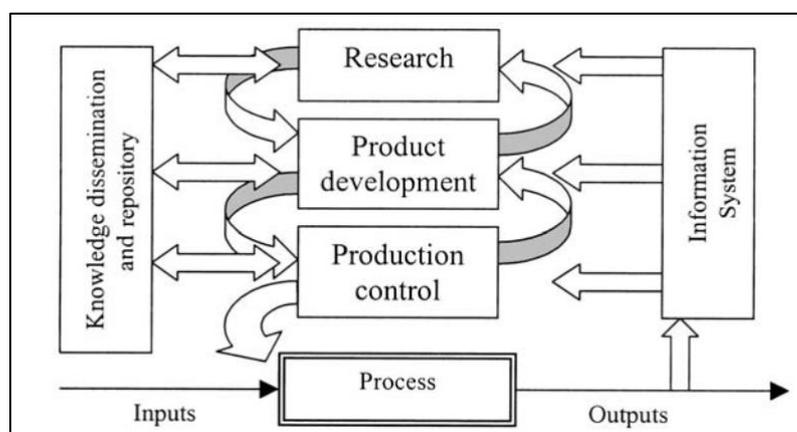


Fig. 41: schema dell'implementazione del Sistema di miglioramento continuo. [31]

I dati sono stati ottenuti automaticamente dai processi di test di produzione, raccolti, archiviati a livello centrale e quindi trasmessi ai PC degli utenti aziendali. Gli amministratori di sistema sono stati nominati per garantire il funzionamento efficiente della tecnologia e per garantire che i requisiti degli utenti fossero soddisfatti. Il repository (database) della conoscenza è stato implementato tramite un server intranet, che ha consentito lo sviluppo di uno strumento multimediale indipendente dalla piattaforma, accessibile a tutta l'organizzazione. Era importante che la struttura dell'archivio riflettesse la struttura dell'organizzazione. Ciò ha reso molto più semplice l'utilizzo della piattaforma di miglioramento continuo da parte del personale addetto, poiché in linea con la visione

dell'organizzazione stessa. Il database è stato predisposto con tre elementi principali per ciascuna casella di argomento (figura 42). Innanzitutto, sono stati elencati gli esperti aziendali in ciascuna area; in secondo luogo, ove disponibile è stato introdotto un breve riassunto per descrivere in dettaglio la storia dell'argomento, dei progetti e di altro lavoro svolto inerentemente. Infine, è stata elencata la documentazione formale disponibile sull'argomento. Ove possibile, sono stati anche inclusi i link diretti per consentire un rapido accesso a tali riferimenti. [31]

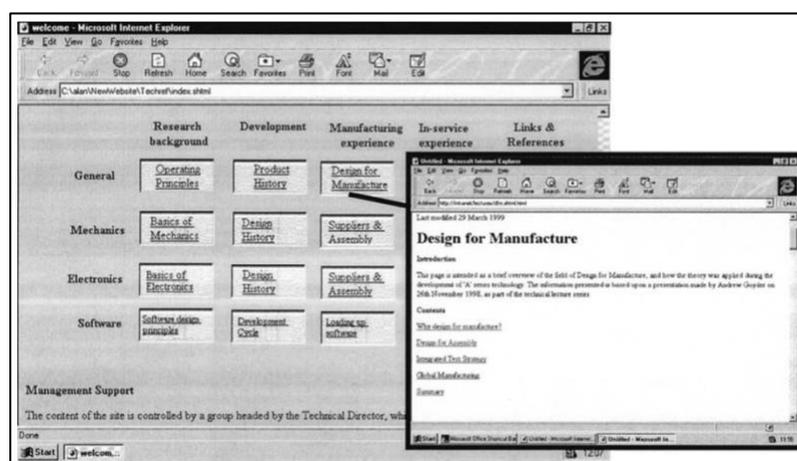


Fig. 42: interfaccia di consultazione della piattaforma di knowledge management. [31]

A livello di benefici, il vantaggio principale per gli utenti dell'accesso al sistema informativo è stato che il personale di produzione, sviluppo e ricerca ha avuto accesso ad una nuova fonte di informazioni, consentendo la scoperta immediata dei problemi del prodotto esistente e dell'effetto che i parametri di processo avevano sull'affidabilità e sulle prestazioni del sistema. La tempestività e la robustezza dei dati sulla qualità sono state notevolmente migliorate, con una notevole riduzione della quantità di elaborazione manuale dei dati che avveniva in precedenza. Ciò, combinato con le informazioni contenute nell'archivio delle conoscenze, ha agevolato gli sforzi di miglioramento continuo e, in particolare, ha reso molto più semplice il monitoraggio degli effetti dei cambiamenti. Poiché queste evoluzioni potrebbero riguardare sia i processi che la progettazione, il

controllo della produzione e lo sviluppo del prodotto hanno tratto vantaggio dalla possibilità di monitorare i risultati delle loro azioni. Sebbene i risultati degli strumenti analitici talvolta non fossero del tutto chiari, si è riscontrato che ciò ha incoraggiato il personale di sviluppo a indagare ulteriormente visitando la linea, per ottenere opinioni e dettagli dagli operatori di produzione. Un problema del sistema che è stato affrontato in modo iterativo è stata la qualità delle informazioni fornite. Spesso i potenziali utenti non erano sicuri di quali informazioni sarebbero state rilevanti. Man mano che l'uso del sistema si stabilizzava è divenuto chiaro che un piccolo numero di utenti non era coinvolto nelle attività di miglioramento continuo e che quindi utilizzava poco le informazioni, mentre altri erano fortemente partecipi e le loro capacità di utilizzo delle informazioni si evolvevano di pari passo con il l'applicazione del processo di C.I. Concludendo, l'implementazione della piattaforma web di gestione delle conoscenze ha riscontrato un ottimo successo nell'ambiente aziendale per coloro che si sono dimostrati affini al processo di miglioramento continuo. Quindi è risultato evidente come l'istruzione e la formazione sulle tematiche di C.I sia imprescindibile per ottenere risultati concreti seppur lo strumento sviluppato sia valido. [31]

2.5. Lacune nei sistemi di miglioramento continuo e obiettivo del progetto di tesi

Traendo un bilancio del contenuto degli articoli reperiti in letteratura, è possibile riscontrare come nonostante la presenza di molte tipologie di strumenti e piattaforme di continuous improvement, non sia disponibile l'esempio di un sistema completo che possa supportare nella sua interezza l'iter di miglioramento continuo del processo, del prodotto e del servizio. Le piattaforme ideate dalle aziende e dagli enti citati nei casi studio si presentano come strumenti a compartimenti stagni di visual management, di collaborative innovation, di feedback system, di gestione delle conoscenze a supporto della qualità e di supporto decisionale ma in nessun caso è stato considerato un sistema che racchiudesse in sé tutte le modalità esecutive citate e che quindi non fosse parte di uno spettro più ampio di strumenti a supporto del C.I ma che fosse esso stesso il tool di riferimento per rendere efficace ed efficiente il miglioramento continuo del bene in oggetto. Inoltre, gli esempi presentati si collocano per lo più nella sfera dei sistemi sviluppati prettamente per il supporto al continuous improvement di un determinato prodotto e pertanto, sono difficilmente considerabili come trasversali.

Proprio nelle lacune appena descritte si colloca il progetto di tesi, che concettualmente è stato ideato come un sistema completo di supporto al miglioramento continuo. Il sistema sviluppato nella divisione Biometano di Pietro Fiorentini si pone come obiettivo di racchiudere al suo interno ogni tipologia di strumento di continuous improvement citato per provvedere a tutte le fasi del processo, dalla ricezione e catalogazione dei dati di feedback alla all'implementazione effettiva delle azioni correttive e preventive di miglioramento. Oltre a ciò, la piattaforma è stata pensata per godere della maggior flessibilità e trasversalità possibile, non limitando per forza il suo utilizzo al mondo degli impianti di Upgrading ma cercando di conferirle caratteristiche adatte a renderla intrinsecamente versatile e quindi, con le dovute accortezze, utilizzabile

in ogni contesto per lo sviluppo di sistemi atti agli scopi del miglioramento continuo e della ricerca di standardizzazione.

3. Modello generalizzato: SharePoint per gestire il miglioramento continuo degli impianti

3.1. Che cos'è SharePoint

SharePoint è una piattaforma collaborativa che ad oggi si integra nativamente con il sistema Microsoft 365. Lanciato nel 2001, viene venduto principalmente come sistema di gestione e archiviazione dei documenti. Tuttavia, il prodotto è altamente configurabile ed il suo utilizzo varia sostanzialmente tra le organizzazioni, dalla condivisione di informazioni tramite Intranet alle app interne che implementano i processi aziendali tramite flussi di lavoro. [8]

Nel 2012, con la versione SharePoint 2013, Microsoft ha reso SharePoint disponibile “nel cloud” come parte di Office 365. In sostanza, ciò significava che le aziende non dovevano più acquistare server e installare e configurare SharePoint nei propri ambienti ma è diventato disponibile tramite Office 365 come servizio in abbonamento, proprio come altre applicazioni (Google Apps, Dropbox, Salesforce, ecc...). Questa mossa ha reso SharePoint accessibile e conveniente non solo alle medie e grandi realtà ma anche alle piccole imprese che non dispongono di grandi budget per l'acquisto ed il mantenimento dei server e del personale IT necessario per gestirli e supportarli. [9]

Da quando SharePoint è entrato a far parte della suite di app Office 365, si è verificato un cambiamento significativo: in passato veniva considerato come “il coltellino svizzero della collaborazione” era un unico strumento in cui archiviare e condividere documenti, gestire attività, archiviare elenchi di informazioni, pubblicare notizie e annunci e persino tenere conversazioni. LA piattaforma eccelleva in alcune di queste attività, mentre altre non erano al passo con strumenti e applicazioni più moderni in commercio. Pertanto, nel corso degli anni Microsoft ha iniziato a scindere in più servizi le funzionalità di SharePoint, mantenendone alcune sulla piattaforma nativa e creando applicazioni totalmente separate come parti integranti di Office 365 per migliorare e rendere più complete quelle che in

precedenza risultavano meno competitive rispetto ad altri sistemi, arricchendo di fatto l'ecosistema Microsoft e rendendolo leader nel settore per affidabilità, trasversalità, completezza e semplicità di utilizzo. [9]

Oggigiorno SharePoint costituisce il cardine di molti flussi di lavoro aziendali. Innanzitutto, è un ottimo strumento per la gestione della documentazione, non soltanto per l'archiviazione di file e cartelle ma perché ha in sé tutte le funzionalità che ci si aspetta da un sistema di gestione dei documenti avanzato come cronologia delle versioni, check-in/check-out, creazione condivisa e condivisione esterna sicura. Oltre a questo, SharePoint vanta la possibilità di offrire un sistema di archiviazione di informazioni basato sull'architettura di Excel ma molto più completo e versatile. Attraverso le Liste, infatti, è possibile storicizzare e gestire elenchi di ogni sorta, come ad esempio elenchi di progetti, di contatti, di problemi, tracker e così via. Poiché gli elenchi risiedono in definitiva su un determinato sito di SharePoint, la sicurezza dell'elenco è determinata dall'accesso al sito stesso e per tale motivo il servizio garantisce un alto grado di sicurezza dei dati ed una approfondita libertà di assegnazione dei permessi di accesso, consultazione e modifica di ogni lista o pagina web del portale. Comunque, l'uso più importante per SharePoint dopo la gestione dei documenti è ancora ad oggi la possibilità di sfruttarlo come Intranet: molte organizzazioni, infatti, utilizzano SharePoint per creare portali Intranet attraenti e di facile utilizzo per archiviare informazioni in qualche modo statiche e più permanenti di quelle condivisibili attraverso Microsoft Teams. Esempi di tali informazioni includono notizie e annunci, calendario/eventi, collegamenti, pagine di contenuti, video, dashboard e così via. Non da ultimo, SharePoint è sfruttato in molti casi anche come gestore dei contenuti grazie alle sue peculiarità principali e più robuste in precedenza descritte. [9]

3.2. Altri servizi Office 365 connessi a SharePoint

Ad oggi la suite Office 365 annovera, tra i molti, i seguenti servizi che affiancati a SharePoint permettono di creare e gestire progetti e flussi di lavoro aziendali completi e versatili:

- *Comunicazione – Microsoft Teams*: Microsoft Teams è una piattaforma di comunicazione aziendale proprietaria che offre chat e videoconferenze nello spazio di lavoro, archiviazione di file e integrazione di applicazioni. Teams ha sostituito altre piattaforme di messaggistica e collaborazione aziendali gestite da Microsoft, tra cui Skype for Business e Microsoft Classroom. [10]
- *Flussi di lavoro – Microsoft Power Automate*: Microsoft Power Automate, precedentemente noto come Microsoft Flow, è uno strumento software che consente agli utenti di creare flussi di lavoro automatizzati tra varie app e servizi. È un linguaggio di scripting/sviluppo in cui gli utenti della rete scrivono le proprie istruzioni per automatizzare l'attività in modo semplice, non richiedente particolari abilità o conoscenze in ambito di programmazione, con l'obiettivo finale di aumentare la produttività. Power Automate è abilitato per impostazione predefinita in tutte le applicazioni dell'ecosistema Office e viene fornito con circa 150 connettori standard (applicazioni o software ad esso connessi e pertanto automatizzabili). ed un numero uguale di connettori premium disponibili per l'acquisto per aumentare le capacità di automazione. [11]
- *Creazione di applicazioni – Microsoft Power Apps*: Power Apps è una suite di app, servizi e connettori, nonché una banca dati, che fornisce un ambiente di sviluppo rapido per creare app personalizzate per le esigenze aziendali. Utilizzando Power Apps, è possibile creare rapidamente applicazioni personalizzate che si connettono ai dati archiviati nelle apposite piattaforme come ad esempio SharePoint. Le app create utilizzando Power Apps hanno un design interattivo e possono essere

eseguite senza problemi sia attraverso browser che con dispositivi mobili. Questo strumento “democratizza” l’esperienza di creazione di app aziendali consentendo agli utenti di creare app aziendali personalizzate e ricche di funzionalità senza scrivere codice e fornisce inoltre una piattaforma estensibile che consente agli sviluppatori professionisti di interagire a livello di programmazione con dati e metadati, applicare la logica aziendale, creare connettori personalizzati e integrarsi con dati esterni. [12]

- *Gestione dei dati – Microsoft Power BI:* Microsoft Power BI è una piattaforma che fornisce agli utenti non necessariamente specializzati nell’analisi e gestione dei dati strumenti per aggregare, analizzare, visualizzare e condividere informazioni. L’interfaccia utente è intuitiva (soprattutto per coloro che hanno familiarità con Excel) e la sua profonda integrazione con gli altri prodotti Office 365 lo rende uno strumento versatile che richiede poca formazione iniziale. [13]

3.3. Perché utilizzarlo nel settore degli impianti industriali

L'applicazione del software nel settore degli impianti industriali si è evoluta principalmente come strumento necessario per il funzionamento e l'automazione delle macchine impiegate nella lavorazione del materiale e nell'asservimento degli operatori, ma nella realtà odierna sempre più sfidante dal punto di vista della gestione e dell'ottimizzazione dei dati, anche questo settore vive la costante necessità di implementare flussi di lavoro e di gestione digitali, che siano più semplici possibili, evitando quindi di creare centri di competenza, e che permettano di monitorare costantemente ogni aspetto di interesse. L'ambiente di lavoro flessibile, l'accesso remoto e la collaborazione in tempo reale sono ad oggi più che mai apprezzati e Microsoft SharePoint, unito agli altri applicativi di Office 365, non solo offre questi vantaggi ma fornisce soluzioni per ogni esigenza di gestione dei processi e dei progetti industriali come quello di gestione del miglioramento continuo degli impianti. Sebbene i sistemi ERP, CRM, CAD, PLM/PDM offrano valore, le informazioni si trovano ancora in compartimenti stagni all'interno di dipartimenti, funzioni e processi; questo rende difficile la consultazione e la possibilità di implementare migliorie o correzioni in tempo celere, non godendo della disponibilità immediata delle informazioni richieste a causa della spesso scarsa fruibilità di questi sistemi. La necessità di dover accedere a più applicativi gestionali, non mettendo a disposizione tutti i dati necessari univocamente e contemporaneamente ed il fatto che l'informazione non sia sempre condivisa dai vari sistemi, limita drasticamente la capacità di attuare processi di miglioramento del prodotto efficaci in termini di soluzioni adottate ed efficienti dal punto di vista del dispendio di tempo e risorse necessari.

L'utilizzo di SharePoint e degli altri connettori di Microsoft Office 365 sopperisce proprio a queste necessità, permettendo innanzitutto di automatizzare le procedure interne. SharePoint, se sfruttato con Microsoft Power Automate e Microsoft Power Apps, consente di automatizzare i processi di gestione, di produzione e in questo specifico caso, di miglioramento continuo degli impianti. Le aziende sono inoltre

in grado di monitorare, tracciare e verificare lo stato di ogni attività in tempo reale digitalizzando e automatizzando i flussi di lavoro, con notifiche ed avvisi automatizzati aiutano a snellire le tempistiche e semplificare la ricezione e fruizione dei dati. Questa tipologia di sistemi permette anche di conservare in modo sicuro contratti e documenti riducendo così notevolmente i costi e i tempi legati alla gestione manuale di questi, integrando se necessario anche sistemi CRM ed ERP interni o di terze parti. SharePoint e altre applicazioni Office 365 costituiscono nel complesso una piattaforma di collaborazione unificata che permette di centralizzare i dati di interesse, storicizzarli e lavorarli, rendendoli accessibili a chiunque sia coinvolto nella gestione del miglioramento prodotto o in qualunque altro progetto interno. La disponibilità e l'accessibilità delle informazioni ovunque e in qualsiasi momento su qualsiasi dispositivo rende questi strumenti estremamente versatili ed appetibili per l'industria degli impianti che necessita di mettere a disposizione i dati non solo nei confini aziendali ma anche in campo, dove gli impianti vengono installati grazie ai tecnici di competenza e dove è richiesto che le informazioni siano costantemente aggiornate, sincronizzate con l'azienda, consultabili e comunicabili il più facilmente possibile.

4. Pietro Fiorentini, tecnologie degli impianti di Upgrading e UCI System

Questo capitolo è dedicato alla presentazione del progetto di tesi vero e proprio, che viene trattato dopo aver introdotto al lettore la realtà aziendale di Pietro Fiorentini ed aver presentato la tecnologia di upgrading del biogas al biometano.

Il progetto, denominato UCI System, ha preso forma nel corso dei sei mesi di tirocinio e ha raggiunto la piena operatività, integrandosi nel panorama degli strumenti aziendali nel pieno rispetto dei valori caratteristici della Società, arrivando a costituire il principale applicativo per la gestione del miglioramento continuo degli impianti upgrading prodotti da Pietro Fiorentini.

Il lavoro ha coinvolto tutte le figure interne alla divisione Biometano ed è frutto della messa in atto di idee trasversali e dell'iterazione in più tentativi di perfezionamento dello strumento e del flusso di lavoro ad esso connesso.

4.1. Pietro Fiorentini

4.1.1. Stato dell'arte

Pietro Fiorentini S.p.a. è tra le più grandi realtà industriali del Nord Est italiano ed è riconosciuta come marchio storico di interesse nazionale. Con oltre 80 anni di esperienza lungo tutta la filiera del gas naturale, il Gruppo oggi è impegnato nello sviluppo di tecnologie e soluzioni per un mondo digitale e sostenibile, con particolare attenzione ai progetti legati alle energie rinnovabili. [2]

L'azienda, che è leader nella produzione di soluzioni tecnologicamente avanzate per le filiere dell'energia, del ciclo idrico e della gestione ambientale, vuole giocare un ruolo da protagonista nell'affrontare alcune delle principali sfide a livello globale, in primis quelle della transizione energetica, della digitalizzazione e della sostenibilità. [2]

Ad oggi il Gruppo PF vanta un fatturato annuo di quasi cinquecento milioni di euro e conta più di quaranta sedi (tra cui la sede centrale di Arcugnano, Vicenza), impiegando più di duemila e ottocento collaboratori nel mondo, con una rete di distribuzione che raggiunge oltre cento paesi in tutti i continenti. [2]



Fig. 43: Presenza di Pietro Fiorentini S.p.a. in Italia e nel mondo. [2]

4.1.2. Le aree di business

Pietro Fiorentini rappresenta oggi uno dei principali punti di riferimento nell'ambito della transizione in atto nel settore energetico, grazie a un presidio che si realizza lungo tutta la filiera del gas naturale e nel mondo delle rinnovabili. L'azienda fornisce soluzioni in grado di soddisfare le esigenze di un ampio assortimento di clienti: società di distribuzione e trasporto, Oil & Gas companies, EPC, end-user industriali e utilities, che ne riconoscono lo standing assoluto in termini di innovazione di prodotto e di processo. [2]

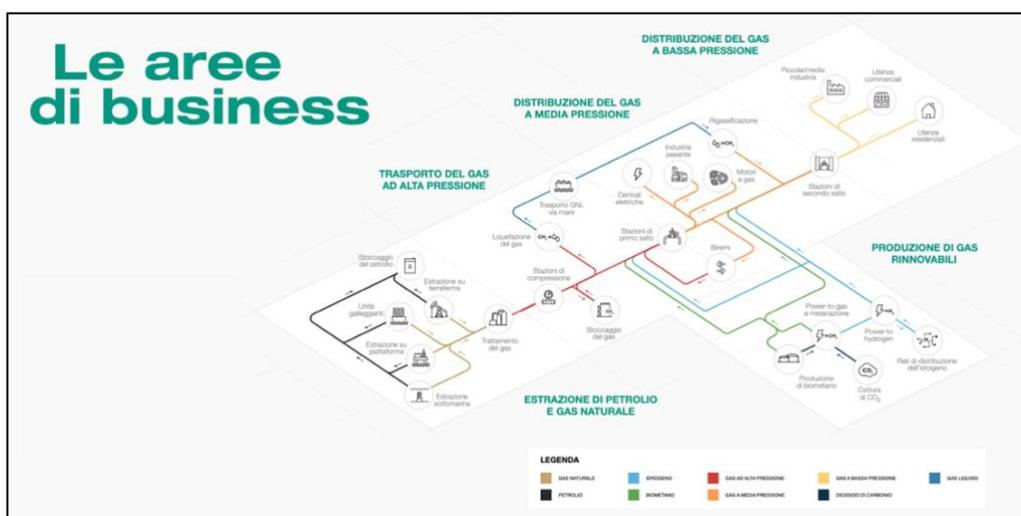


Fig. 44: Aree di business di Pietro Fiorentini. [2]

Il gas naturale rappresenta il core business dell'azienda. Questo combustibile resta una delle principali fonti energetiche mondiali e l'alternativa più sostenibile tra i combustibili fossili. Inoltre, l'infrastruttura del gas naturale può essere facilmente riconvertita per l'iniezione di gas rinnovabili come idrogeno e biometano, giocando così un ruolo decisivo nella transizione energetica. [2]

Pietro Fiorentini si distingue, infatti, per i progetti implementati nell'ambito dello Smart Metering e più in generale delle Smart Grid oltre che per i crescenti investimenti in iniziative per la promozione di fonti energetiche ecosostenibili, quali il biometano, l'idrogeno ed il power-to-gas; recentemente, il Gruppo ha

esteso i propri orizzonti anche verso il settore idrico e la filiera della valorizzazione dei rifiuti. [2]

L'impegno di Fiorentini a favore dei propri clienti si concretizza nell'offerta di soluzioni di alta qualità, integrate e tecnologicamente avanzate, e nell'assistenza in ciascuna fase del rapporto: dal supporto tecnico ai servizi di manutenzione, dalla logistica alla comunicazione. Il cliente è da sempre al centro dell'approccio aziendale: l'ascolto delle sue esigenze è la condizione indispensabile per generare miglioramenti continui, dando vita a relazioni basate sulla fiducia e sull'ambizione alla ricerca dell'eccellenza condivisa. [2]

4.1.3. Origini e storia

Pietro Fiorentini Impianti Metano nasce nel 1940 a Bologna dall'omonimo fondatore ed iniziò la sua produzione commerciando valvole di regolazione per l'alimentazione di automobili a GPL. Nei primi anni Settanta vennero immessi sul mercato i primi regolatori modulari che permisero di aumentare la redditività aziendale, aprendo anche sedi a Padova, Milano e Vicenza, quest'ultima successivamente trasferita nella vicina Arcugnano e divenuta poi sede principale del gruppo. Nel 1973 venne aperta una filiale a Roma che segnò l'inizio di un lungo viaggio nella borsa italiana: nacque così Pietro Fiorentini S.p.a. [3]

La crisi petrolifera mondiale di quegli anni obbligò il management a decidere di dedicarsi in modo consistente al gas naturale, ampliando la varietà di prodotto presente mediante valvole a farfalla, valvole a sfera, regolatori di pressione ed impianti di grandi dimensioni. Questa strategia si rivelò vincente, tanto che nel corso degli anni a venire l'azienda si introdusse nel mercato europeo, negli Stati Uniti, in Africa ed in Medio Oriente. [3]

Alla fine degli anni Novanta, in seguito ad un periodo di crisi con un aumento incontrollato dei costi non supportato da un'altrettanta crescita del fatturato, i vertici aziendali dovettero pensare ad una soluzione per ribaltare il trend negativo che avrebbe portato ad un rapido declino aziendale; pertanto, misero in atto un percorso di trasformazione che coinvolse ogni singolo processo e di conseguenza gli esecutori dei processi, le persone. Decisero dunque di affidarsi all'esperienza di alcuni tra i migliori consulenti in materia per abbracciare a pieno la filosofia della Lean Production, attraverso una trasformazione radicata ed accurata, tanto da renderla una delle aziende più visitate d'Europa, meta di imprenditori e manager. Alla base della rivoluzione interna ci furono tre ingredienti fondamentali che tuttora rappresentano i capisaldi aziendali:

- Il totale supporto da parte dell'imprenditore il quale non si è limitato ad appoggiare e sponsorizzare il progetto, bensì è stato pienamente coinvolto, diventandone un incessante stimolatore.
 - La costante tensione ad approfondire la conoscenza dei principi e delle tecniche del Lean Thinking che si è tradotta in un ingente investimento in formazione del personale produttivo e di giovani, soprattutto ingegneri, selezionati con grande rigore dalle migliori università italiane. Alla formazione interna, si affianca quella esterna presso il Lean Enterprise Center della Fondazione CUOA ed altri istituti.
 - La ricerca e l'acquisizione incessante delle migliori competenze internazionali in materia. Pietro Fiorentini ha progressivamente costituito un'unità interna di specialisti: il Kaizen Promotion Office, arrivando ad assumere come responsabile KPO John Black (professionista delle tecniche Lean proveniente da Boeing) così come molti altri consulenti di fama mondiale, tra i quali Chihiro Nakao³, Mike Rona⁴ e Tom Jackson⁵.
- [3]

La conversione sia produttiva che organizzativa alla filosofia Lean ha contribuito non soltanto all'abbattimento dei costi e al ripristinarsi di una situazione economica proficua ma ad una continua crescita della realtà di Fiorentini che ha continuato il processo di miglioramento ed innovazione introducendo dalla metà degli anni duemila la digitalizzazione dei sistemi di misurazione del gas, diventando punto di riferimento nella produzione dei contatori smart e successivamente, grazie all'acquisizione del gruppo Terranova nel 2011, entrando nel settore degli applicativi per la gestione delle reti.

La crescita costante del gruppo è andata di pari passo con la volontà di innovare, rimanendo leader nelle soluzioni Oil & Gas tradizionali ma espandendo l'orizzonte delle soluzioni energetiche a tecnologie sempre più efficienti e sostenibili.

Secondo Pietro Fiorentini, il futuro dell'energia è fondato sulle cosiddette "3 D": decarbonizzazione, ovvero il progressivo abbandono delle fonti fossili a favore delle rinnovabili; decentralizzazione, passando dalla generazione, trasmissione e distribuzione gestita centralmente da sistemi delocalizzati, e digitalizzazione delle tecnologie a servizio della rete. [2]

Consapevole quindi della centralità del sistema energetico nel percorso per raggiungere il traguardo delle emissioni zero, il Gruppo ha strutturato il proprio modello di business in modo coerente, ampliando l'offerta di soluzioni tecnologiche per il settore dell'energia. Più specificatamente, l'impegno di Fiorentini a favore della transizione energetica si concretizza nell'efficientamento dell'infrastruttura del gas naturale, nello sviluppo di nuove soluzioni per il biometano, l'idrogeno e per il power-to-gas. [2]

4.1.4. Lean Production

La filosofia della Lean Production costituisce per Pietro Fiorentini la spina dorsale del proprio sistema sia produttivo che di gestione aziendale; attraverso gli strumenti ed i metodi di approccio tipici dei principi Toyota che verranno presentati nel corso di questo paragrafo.

Il TPS (Toyota Production System) o Lean Production nasce nella Toyota Motor Company che venne fondata nel 1937 a Nagoya dalla famiglia Toyoda; il termine “produzione snella”, coniato da John Krafcik (ricercatore dell’International Motor Vehicle Program promosso dal Massachusetts Institute of Technology), fa riferimento ad un minor impiego di sforzo umano, spazio, investimenti in macchinari ed utensili e tempo per la progettazione rispetto la produzione di massa. [3]

Kiichiro Toyoda, fondatore della compagnia automobilistica, era solito visitare le università per individuare giovani talenti da inserire nell’ambiente in Toyota: fu proprio in questo modo che conobbe Taiichi Ohno, studente di ingegneria meccanica che a poco a poco scalò la gerarchia aziendale fino alla vicepresidenza della società. Ohno e Toyoda visitarono in più riprese gli stabilimenti americani, per poter capire quali fossero i segreti del loro successo ma intuirono invece la scarsa applicabilità del modello Fordiano alle esigenze del mercato giapponese: a differenza di quanto appreso rispetto alla situazione statunitense in Giappone vi era la necessità di incidere su un mercato piccolo, che richiedeva un’elevata varietà di veicoli e che non esigesse investimenti troppo cospicui date le gravi condizioni economico-finanziarie nelle quali versava il paese in seguito alla Seconda Guerra Mondiale. Inoltre, sarebbe stato necessario costruire un modello di business che al contrario di quello americano riconoscesse come priorità il benessere del lavoratore nel contesto aziendale e che non discriminasse le categorie di impiegati al suo interno ma accomunasse ogni persona al di sotto di valori comuni imprescindibili per ogni cittadino giapponese. [3]

Per tali motivi venne un lungo lavoro di miglioramento continuo con l'obiettivo di produrre sempre di più utilizzando sempre di meno, focalizzandosi sui bisogni del cliente: nacque così il Toyota Production System (TPS in seguito). [3]

Come illustrato nella seguente figura, il metodo TPS può essere schematizzato attraverso l'idea di una casa, nella quale i cardini della filosofia costituiscono le fondamenta, le colonne portanti ed infine il tetto della struttura:

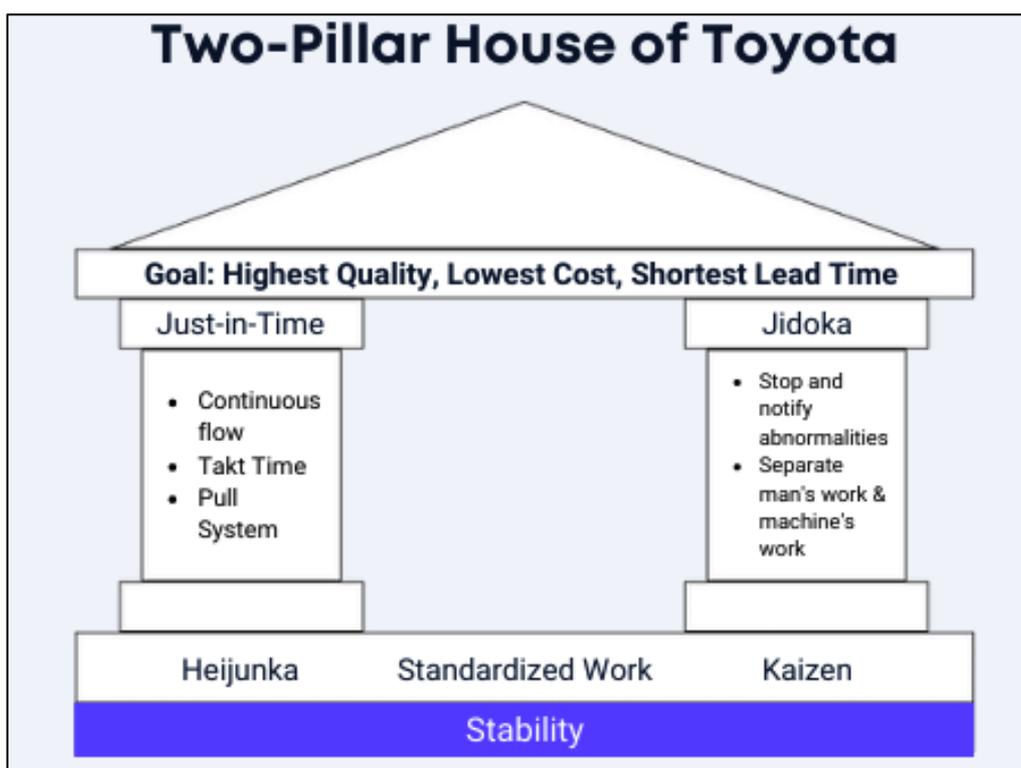


Fig. 45: Schematizzazione dei principi del TPS attraverso la struttura di una casa. [internet]

Nelle fondamenta sono presenti tre concetti molto importanti:

- *Heijunka*: rappresenta il livellamento della produzione, ovvero si abbandona il concetto di lotto per cercare di produrre tramite l'approccio del One Piece Flow quanta più varietà di prodotto possibile, ogni singolo giorno.
- *Standard work*: Taiichi Ohno diceva: "Senza standard non può esserci miglioramento". Standardizzare le attività di persone e macchinari

permette innanzitutto di conoscere la situazione in cui ci troviamo e dunque di capire se (e con che sforzo) effettuare azioni di miglioramento.

- *Kaizen*: termine giapponese che significa “processo di miglioramento continuo”; Kai significa “cambiamento” e Zen “bene” (verso il meglio).

Per quanto riguarda invece i due pilastri portanti nella casa TPS troviamo:

- *Just in time (JIT)*: lavorare secondo l’approccio JIT significa avere quello che serve, nel posto corretto, al momento giusto, nella quantità esatta.
- *Jidoka*: l’esatta traduzione di questo termine è “autonomazione” ovvero l’automazione a livello umano. Ogni persona è responsabile della qualità del prodotto e del processo in cui opera ed ha inoltre il potere di fermare quest’ultimo nel caso in cui si presentassero delle anomalie. Questo viene applicato per poter essere in grado di consegnare sempre un prodotto di qualità al cliente, interno od esterno che sia. [3]

Quindi, secondo l’approccio Lean, solo se un’azienda (intesa come un insieme di processi) è concettualmente costruita emulando la casa TPS è in grado di raggiungere livelli elevati in termini di qualità, riduzione dei costi e del Lead Time (il Lead Time rappresenta il tempo che intercorre tra la ricezione dell’ordine e l’evasione dello stesso). Per ottenere i risultati desiderati, è altresì necessario focalizzarsi sul valore, concentrarsi solamente su quello che il cliente è disposto a pagare ed eliminando tutti gli sprechi. Questo si ottiene tramite i principi del Lean Thinking che rappresentano l’antidoto all’idea di Muda ovvero a qualsiasi attività umana che assorbe risorse ma che non crea valore. I cinque principi sono:

- *1) Definizione del valore*: il valore può essere definito solamente dal cliente finale ed assume significato solamente nel momento in cui lo si esprime in termini di uno specifico prodotto in grado di soddisfare le esigenze del mercato ad un dato prezzo ed in un dato momento. Fornire il prodotto o il servizio sbagliato nel modo giusto è uno spreco. Questo primo

step è molto complesso poiché non semplice è porsi dalla parte del cliente cercando di mettere in discussione strategie e processi consolidati.

- 2) *Identificazione del flusso del valore*: il flusso di valore è costituito dall'insieme delle azioni richieste per condurre un dato prodotto (bene, servizio o combinazione dei due) attraverso i tre compiti critici, ovvero la risoluzione di problemi dall'ideazione al lancio in produzione, la gestione delle informazioni dal ricevimento dell'ordine alla consegna e la trasformazione fisica della materia prima in un prodotto finito.
- 3) *Avviamento e mantenimento del flusso del valore*: una volta definiti il valore ed il suo flusso in modo accurato, è necessario far avanzare le attività restanti a valore aggiunto e quelle creatrici di Muda ma ineliminabili, passando da una situazione di “lotti e code” ad un flusso di processo continuo.
- 4) *Pull*: a questo punto si sono ridotte le scorte, si è accelerato il ritorno degli investimenti ma soprattutto si progetta, programma e realizza esattamente quello che il cliente vuole nelle tempistiche desiderate. Si instaura quindi un meccanismo di mercato a logica “pull”, nel quale non è l'azienda a promuovere nel mercato il prodotto ma è il cliente a richiederlo tirando concettualmente il processo di realizzazione di quest'ultimo.
- 5) *Perfezione*; seguiti ed applicati con cura tutti i principi precedenti, ci si accorge che il percorso di miglioramento continuo è iterativo ed infinito. Infatti, quanto più velocemente scorre il flusso del valore e tanto più emergono gli sprechi che portano ad una nuova iterazione del processo verso la ricerca della perfezione. [3]

Dal punto di vista operativo, i principali strumenti per la messa in pratica del TPS e l'eliminazione degli sprechi sono:

- *Approccio 5S*: tradotte dal giapponese come separare, semplificare, spazzare, standardizzare e sostenere, le “5S” costituiscono uno dei fondamenti del Toyota Production System in quanto elementi imprescindibili di qualunque iniziativa di miglioramento continuo. La

metodologia impostata sullo schema delle “5S” racchiude in cinque semplici passaggi un procedimento sistematico e ripetibile, paradigma essenziale e irrinunciabile della Visual Factory, che traducibile in “gestione a vista”, rappresenta l’idea di un approccio semplificativo dei processi di coordinamento tramite segnali. Questa filosofia è applicata da molti anni nelle aziende giapponesi continua a diffondersi nelle aziende italiane, sia nei reparti produttivi che negli uffici; i motivi del suo successo sono individuabili nella semplicità e nel legame diretto tra le attività delle “5S” e il miglioramento delle prestazioni dell’azienda, in termini di qualità, costi e tempi.

- *Tecnica dei 5 perché*: è un approccio sviluppato per l’individuazione delle cause scatenanti di criticità nei processi. Spesso, quando in azienda si presentano delle problematiche, si è più concentrati alla risoluzione superficiale piuttosto che all’eliminazione delle cause radicate che possono essere fonte di criticità future e la tecnica dei “5 perché” è utilizzata proprio per riscontrare le cause alla base di ogni malfunzionamento e prevenire il ripresentarsi di questi. È un metodo utilizzato per l’analisi delle cause alla radice (root cause analysis), che si pone come obiettivo non solo di valutare come e quando si è verificato un certo evento, ma anche perché si sia verificato e quindi quali siano i motivi della sua presenza. Solo quando si è in grado di determinare il motivo per cui un evento si è verificato si potrà essere in grado di individuare le misure correttive attuabili che impediscano lo scaturirsi di eventi futuri ad esso correlati. Lo strumento è di semplice applicazione, ma al contempo è un potente metodo per individuare e comprendere le aree di miglioramento. Esso consiste nel porsi ripetutamente la domanda: “Perché?”, non necessariamente per cinque volte (valore puramente simbolico) ma fintanto da individuare in modo soddisfacente la causa scatenante, attuando un processo di consequenzialità logica sino ad individuare la radice delle problematiche, permettendo anche di determinare il rapporto tra le diverse cause alla base del problema.

- *Metodo delle 7 idee*: per affrontare qualsiasi tematica inerente ad una decisione correttiva o migliorativa, l'approccio della Lean Production prevede che ogni scelta venga presa in seguito ad un'attenta valutazione di ogni possibile soluzione. Per questo motivo, selezionare una valida alternativa prevede lo sviluppo di sette idee ciascuno, da parte di ogni membro del team decisionale che a sua volta deve essere coadiuvato da figure trasversali ed interdisciplinari per poter tener conto di ogni aspetto del processo o del prodotto coinvolto. Una volta esposte le varie idee è necessario individuare le migliori attraverso la creazione di una metrica di riferimento e quindi l'attribuzione di un giudizio per ognuna delle proposte; solitamente il criterio di valutazione adoperato è il cosiddetto "criterio S-Q-D-C-O", la sigla è acronimo delle categorie: Sicurezza, Qualità, Consegna (Delivery), Costo e Originalità. Attraverso l'attribuzione per ogni idea di un valore da uno a cinque ad ognuna di queste voci è possibile assegnare a ciascuna un punteggio per selezionare quindi quella o quelle da implementare.
- *Value Stream Map (VSM)*: tradotto in italiano come "mappa del flusso del valore" è uno strumento di analisi dei processi adatto all'identificazione degli sprechi ed alla ricerca di gap ed intoppi che non permettono lo scorrere snello dei flussi. La VSM è una rappresentazione grafica di quanto segue il prodotto creato da un'azienda, a partire dal fornitore di materia prima fino a giungere nelle mani del cliente che lo ha acquistato. La sua natura grafica rende più semplice l'individuazione delle aree di lavoro in cui si accumulano ritardi e in cui sono insite criticità. La stesura della VSM si suddivide in due mappe distinte: la cosiddetta "Current State Map" riguardante la situazione attuale e la "Future State Map" nella quale vengono rappresentate le aree e le attività modificate secondo le proposte migliorative ipotizzate. Nella seguente figura è riportato un esempio di "Value Steam Map".

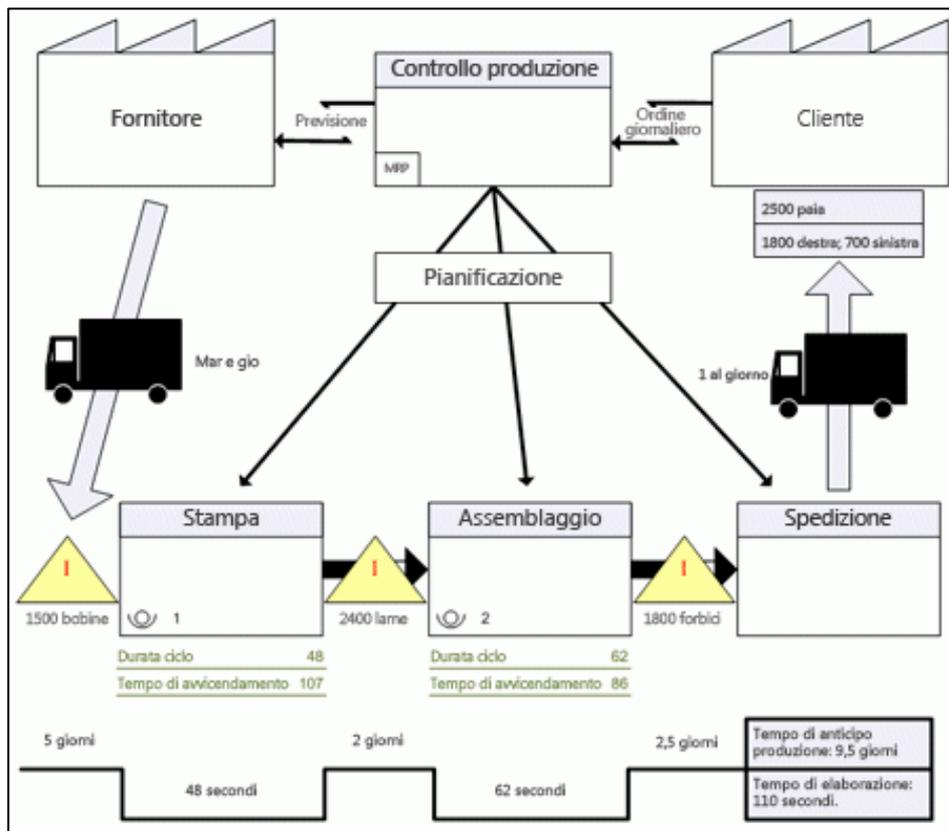


Fig. 46: Esempio di Value Stream Map. [internet]

- Spaghetti Chart*: il “diagramma a spaghetti” è la rappresentazione grafica di un determinato flusso ed è una tecnica visiva, semplice e intuitiva. Normalmente utilizzata in ambienti produttivi, permette di mappare i percorsi di un operatore per misurarne gli spostamenti e la percorrenza al fine di ottimizzarli. Può assumere natura differente a seconda di quale sia l’oggetto di interesse dell’analisi, si possono mappare i flussi e i percorsi di un prodotto dalla materia prima al prodotto finito, gli spostamenti del personale di un edificio, oltre che i percorsi informatici dei documenti aziendali e molto altro. Il nome di tale diagramma deriva dalla sua natura grafica: osservando infatti la raffigurazione dei flussi essi appaiono come un insieme di spaghetti aggrovigliati che anche a prima vista forniscono un’indicazione di quanto sia lineare o meno l’insieme dei movimenti in analisi. Quindi, obiettivo di chi analizza il grafico è proprio rendere tali

flussi snelli e meno intricati, con il fine ultimo di eliminare gli sprechi sia di energia che di tempo (o di calcolo computazionale nel caso del tracciamento del flusso documentale). Di seguito viene riportato un esempio di “Spaghetti Chart”.

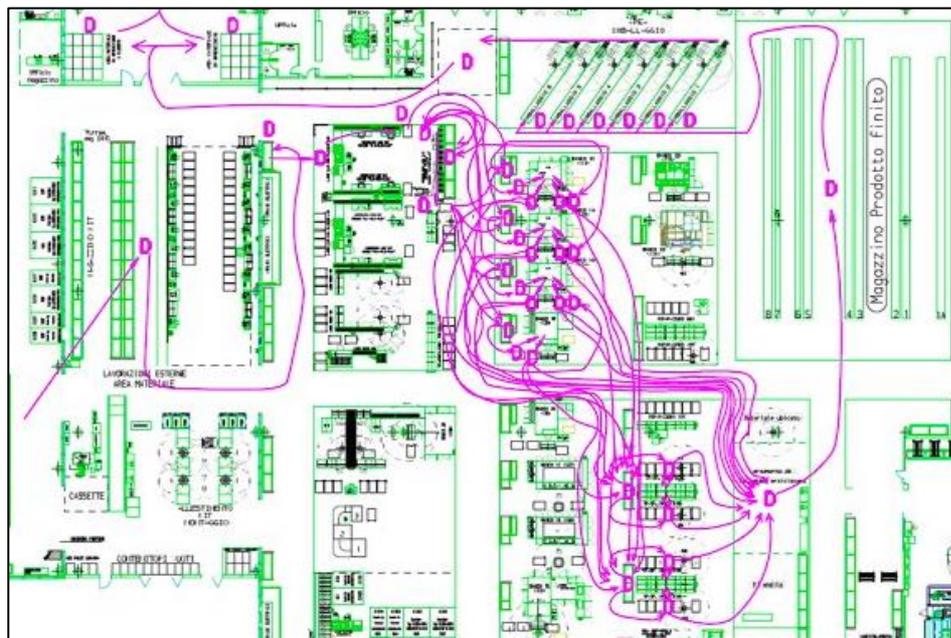


Fig. 47: Esempio di Spaghetti Chart. [internet]

- *Sistema Kanban:* il nome “Kanban” identifica il sistema che rende visibile l’attività compiuta in un centro di lavoro. È un termine di derivazione giapponese e il suo significato è traducibile in italiano come “cartellino”. È lo strumento con cui la stazione a valle di un processo comunica i suoi fabbisogni alla stazione a monte. Con questo termine si identifica più generalmente un sistema di gestione dei materiali in un processo produttivo nel quale viene comunicato attraverso dei cartellini il fabbisogno di una determinata fase produttiva alla sua precedente. Il sistema prevede una standardizzazione dei contenitori con definizione del numero di pezzi per contenitore ed un avanzamento alla fase successiva di un numero di contenitori pieni, esattamente pari al numero di contenitori vuoti consumati. Attraverso l’utilizzo di questa tipologia di sistema si

riduce il più grave degli sprechi secondo la filosofia della Lean Production ossia la sovrapproduzione, in quanto è possibile produrre soltanto ciò che viene effettivamente richiesto dal processo a valle e nella quantità corretta, con conseguente riduzione o annullamento delle scorte a magazzino. Ogni cartellino contiene determinate informazioni utili a capire come gestire il prodotto inserito nel contenitore su cui è affisso, come per esempio quale sia il fornitore, chi sia il cliente, la precisa ubicazione e quantità di riordino di quell'item. La logica "Kanban" costituisce quindi un sistema di gestione e controllo molto semplice nel quale la quantità da produrre non deriva dall'output di un programma produttivo ma è da considerarsi un reintegro del materiale consumato a valle nella catena logistica. Per ciascun codice, ovvero ciascun articolo da produrre, è definito un livello di riordino (che corrisponde alla capacità del contenitore), raggiunto il quale viene inviato un ordine di rifornimento che innesca la produzione del codice dalla stazione a monte, eliminando così le scorte e gli sprechi derivanti dalla loro gestione. Perché il sistema sia efficace, l'utilizzo dei cartellini è consigliato su tutta la lunghezza della catena logistica, quindi sia a valle nei confronti del cliente che a monte con i propri fornitori. [3]

4.1.5. Struttura organizzativa e valori aziendali

Date le numerose acquisizioni e l'adozione della filosofia Lean, la struttura organizzativa di Pietro Fiorentini è mutata nel tempo, passando da verticale ad orizzontale in un'ottica il cui schema segue il flusso di valore per il cliente. Per fare ciò, sono stati considerati due Value-Stream o "flussi di valore", che seguono il prodotto dalla progettazione alla spedizione passando per la produzione dello stesso. Il primo flusso riguarda i sistemi ossia gli impianti completi (spesso realizzati in Engineering To Order), mentre il secondo considera i singoli componenti ed i servizi offerti (manutenzione, odorizzazione e formazione). Inoltre, è presente una divisione R&D (ricerca e sviluppo) comune a tutta l'azienda ed un numero limitato di team trasversali di coordinamento e supporto che completano l'organigramma aziendale assieme alla divisione HR (risorse umane), alla Logistica & Supply Chain, al team di miglioramento di gestione, al team IT (sistemi informatici), al team di assicurazione qualità, al team di gestione del rischio, all'HSE (Health, Safety & Environment), all'amministrazione e all'ufficio legale. [3]

Delineata la struttura orizzontale, nel corso degli anni si è cercato anche di capire cosa potesse mantenere unita internamente l'azienda nell'avanzamento verso gli obiettivi preposti e la Carta dei Valori rappresenta la risposta a tale quesito. Questo documento racchiude le linee guida da perseguire e condividere ogni giorno, da ogni figura facente parte di Pietro Fiorentini. I valori sono i seguenti:

- *Affidabilità*: mantenere sempre e con puntualità tutti gli impegni assunti, al fine di rispondere alle aspettative e generare fiducia.
- *Comunicazione*: assicurarsi che le informazioni siano trasmesse in modo preciso, tempestivo e sintetico. Ascoltare con attenzione cercando di capire il punto di vista dell'altro ed infine comunicare verificando l'esattezza dei contenuti ed assicurandoci di essere capiti.
- *Eccellenza*: operare ponendosi obiettivi ambiziosi e raggiungibili per accrescere la professionalità generando valore per l'azienda. Esprimere

ottimismo e convinzione nel raggiungimento degli obiettivi cercando di trasmettere agli altri la propria volontà di riuscire: gli ostacoli vanno affrontati e superati. Infine, si devono evidenziare errori e sprechi al fine di mettere in atto in modo costante azioni immediate ed adeguate ad eliminarli.

- *Impegno nella tensione al risultato*: significa operare con determinazione, sia singolarmente che in gruppo, perseguendo l'eccellenza nell'analisi dei problemi, nelle proposte di soluzione e nell'attuazione dei compiti. Coinvolgere e motivare i colleghi e collaboratori al cambiamento e miglioramento continuo delle prestazioni e dei risultati, dando risalto e valorizzando i risultati positivi.
- *Innovazione*: permette di avere un atteggiamento positivo verso la propria ed altrui attività, favorendo in tal modo un clima di fiducia, creativo e aperto alle nuove proposte. Valutare le nuove proposte con attenzione e disponibilità dando sempre una risposta sulla fattibilità e spiegandone i motivi.
- *Lavoro di gruppo*: condividere gli obiettivi di crescita aziendale che fanno capo ad ogni gruppo. Impegnarsi ad accettare e a far proprie le decisioni assunte dal gruppo. Partecipare attivamente all'attività di gruppo condividendo informazioni e conoscenze e valorizzando le idee.
- *Rispetto*: essere positivi e cortesi quando incontriamo altre persone. Confrontarsi anche con coloro che hanno opinioni differenti dalle nostre e impegnarsi a trarre valore aggiunto dalle diversità. Assumersi la responsabilità di difendere la dignità delle persone e del loro lavoro, senza distinzione di sesso, razza o provenienza.
- *Sincerità*: dire il vero sempre e di fronte a chiunque. Fare riferimento solamente a dati e a fatti quando ci si confronta con l'altro, anche nel caso ci si trovi ad approvare o disapprovare il suo comportamento. Avere il coraggio di affrontare argomenti spiacevoli. [3]

4.2. Upgrading: dal biogas al biometano

4.2.1. Introduzione

Tra i più importanti fattori che contribuiscono al riscaldamento globale c'è l'enorme aumento dei gas serra, come l'anidride carbonica (CO₂), il metano (CH₄), protossido di azoto (N₂O), idrofluorocarburi (HFC), perfluorocarburi (PFC) ed esafluoruro di zolfo (SF₆). Tra questi gas che influenzano i cambiamenti climatici, la CO₂ gioca un ruolo chiave nel riscaldamento globale essendo il gas serra di origine antropica con le più significative emissioni. Le centrali elettriche a carbone, petrolio e gas naturale sono le principali fonti antropogeniche di emissioni di CO₂, che portano a rilasciarne oltre nove miliardi di tonnellate ogni anno in tutto il mondo. [6]

Con l'obiettivo di affrontare l'effetto dei cambiamenti ambientali globali dovuti nello specifico all'aumento delle emissioni di anidride carbonica, sono stati suggeriti molti approcci per intraprendere una transizione della produzione di energia, passando dai combustibili fossili alle fonti di energia rinnovabili alternative come la biomassa, il geotermico, l'idroelettrico, il nucleare, il solare ed il vento. Tra le fonti energetiche rinnovabili, lo sfruttamento del biogas ha suscitato grande interesse negli ultimi anni essendo tra le tecnologie più facili da implementare soprattutto nelle aree rurali. [6]

L'upgrading del biogas in biometano è una tecnologia innovativa di “waste-to-energy” (letteralmente: “da rifiuto ad energia”) che permette di convertire il biogas prodotto da fonti rinnovabili, come ad esempio i reflui zootecnici o le biomasse agricole, in un gas naturale di alta qualità e “carbon-neutral” (gas che compensa completamente le emissioni prodotte restituendo sostanza organica al terreno), adatto alla distribuzione in rete e all'utilizzo nei trasporti. Questa tecnologia rappresenta una soluzione innovativa e sostenibile per la produzione di energia rinnovabile, contribuendo a ridurre l'impatto ambientale delle attività umane e a promuovere la transizione verso un sistema energetico più sostenibile. [1]

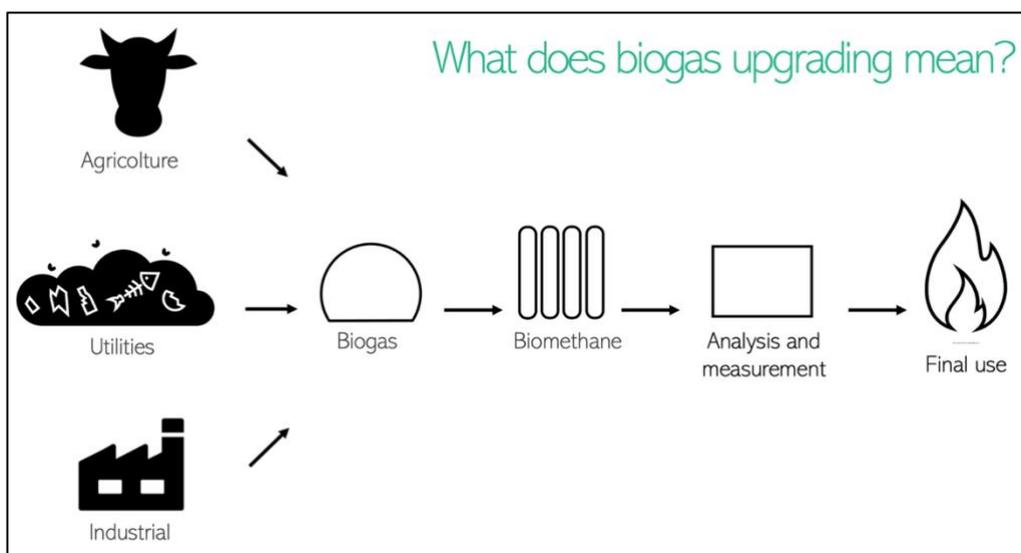


Fig: 48: Principio di Upgrading al biometano. [4]

Il biometano può essere prodotto attraverso la cosiddetta “strada del syngas” (neologismo sincretico, dall’inglese: synthetic gas) che si basa sul processo di gassificazione della biomassa abbinato a una serie di complesse fasi di pulizia e condizionamento del syngas, metanazione catalitica e upgrading finale con compressione, oppure mediante upgrading di biogas da digestione anaerobica, che rappresenta invece la soluzione più conveniente in termini di affidabilità tecnologica, fattibilità economica e sostenibilità ambientale. Quest’ultima procedura presenta un Technology Readiness Level (TRL) che ha già raggiunto un valore equivalente alla disponibilità di mercato, ovvero al massimo livello di sviluppo per una tecnologia. [6]

Il biometano ottenuto può essere utilizzato per diverse applicazioni, ad esempio come carburante per veicoli, per l’immissione nelle reti del gas naturale, per il riscaldamento o come carburante per il trasporto nei settori navale e automobilistico, ecc. [4]

I notevoli benefici ambientali ed economici del biogas hanno portato a una sostanziale crescita del numero di impianti di upgrading del biogas in Europa, passati da 483 a 729 nel solo triennio dal 2018 al 2020. Attualmente si stima che

il 20% della domanda globale di gas possa essere soddisfatta dal pieno utilizzo dei rifiuti organici disponibili per la produzione di biometano. Tuttavia, esistono ancora significative barriere tecnologiche, per quanto riguarda le attuali tecnologie di upgrading del biogas, e solo il 5% del biogas prodotto a livello mondiale viene utilizzato per produrre biometano. [6]

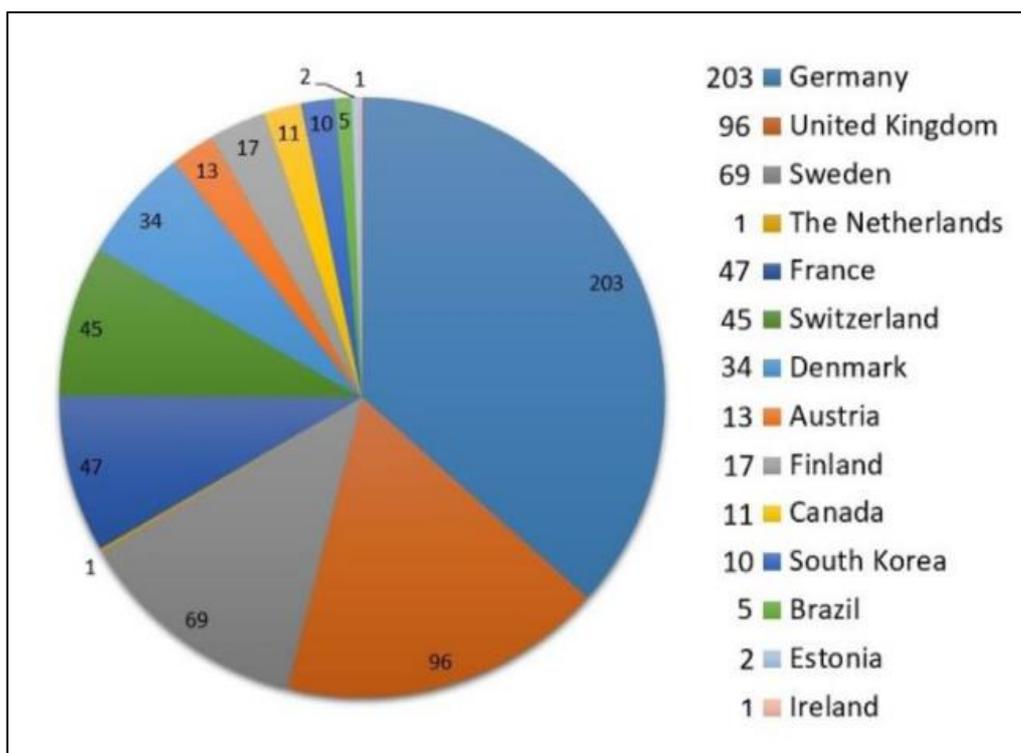


Fig. 49: Ripartizione geografica degli impianti di Upgrading presenti ad oggi nei paesi membri dell'International Energy Agency⁶. [6]

4.2.2. Principio di funzionamento

Il processo di upgrading del biogas in biometano è un complesso processo purificazione che mira ad aumentare la qualità del biogas, eliminando le impurità e la CO₂ presente al suo interno. Il processo prevede due fasi principali distinte:

- *Disidratazione e pulizia/purificazione del biogas*: processo che richiede energia e si riferisce alla disidratazione e rimozione di componenti minori indesiderati del biogas come l'ammoniaca, il solfato di idrogeno H₂S, i composti organici volatili (VOC) e i silossani. I vantaggi della rimozione di questi componenti indesiderabili del biogas sono molteplici:
 - Estensione della durata delle apparecchiature di processo.
 - Maggiore potere calorifico del biogas.
 - Riduzione delle emissioni dannose per l'ambiente.
 - Aumento complessivo della fattibilità economica del processo.

- *Compressione e upgrading del biogas*: processo che mira ad aumentare il basso potere calorifico del biogas ed alla rimozione di CO₂. Dopo la separazione il prodotto finale, che prende il nome di biometano, è costituito da CH₄ (con purezza tra il 95% ed il 99%) ed un residuo di CO₂ (in percentuale tra l'1% e il 5%) senza alcuna traccia di H₂S. Il gas rinnovabile è quindi pronto per essere iniettato in rete e utilizzato esattamente come il gas naturale tradizionale.

Nello specifico, il potere calorifico del biogas è compreso tra 20,7 e 27,8 MJ/m³ mentre il potere calorifico del biometano è più elevato (circa 37,7-39,8 MJ/m³). Se utilizzati per la produzione di energia, questa differenza incide largamente sui rispettivi costi, compresi tra 0,89 e 2,97 pence/kWh nel caso del biogas e 1,49 e 3,30 pence/kWh per il biometano. [6]

Al giorno d'oggi, le principali tecnologie di depurazione e upgrading del biogas comprendono il lavaggio con solvente (dopo l'assorbimento), i processi di

adsorbimento, la separazione criogenica, i processi di idrogenazione biologica o termocatalitica e le separazioni a membrana. Quest'ultima tecnica è sempre più implementata su diverse scale, sia in ambito laboratoriale per scopi di ricerca che a livello commerciale per la purificazione del biogas in impianti di ogni dimensione e portata grazie a una serie di vantaggi: i processi di separazione a membrana sono rispettosi dell'ambiente, presentano bassi costi di investimento e operativi, attrezzature semplici e funzionano senza la produzione di rifiuti secondari dannosi. Le membrane utilizzate per l'upgrading del biogas sono facili da usare e richiedono meno spazio, fornendo allo stesso tempo un'elevata adattabilità. Inoltre, questa tecnologia presenta un'elevata flessibilità di scale-up, poiché diversi moduli a membrana consecutivi possono essere facilmente combinati nell'installazione della membrana già utilizzata e adottare diverse configurazioni di processo. Di conseguenza, l'applicazione della separazione a membrana per l'upgrading del biogas sta rapidamente guadagnando interesse e quote di mercato negli ultimi anni. [6]

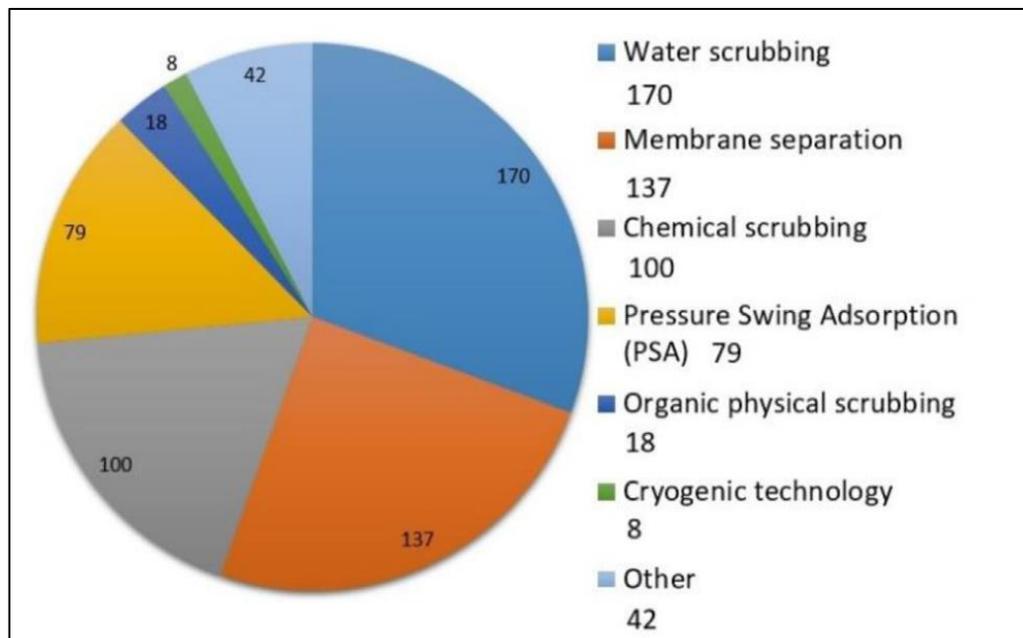


Fig. 50: Ripartizione delle diverse tecnologie di Upgrading ad oggi negli impianti presenti nei paesi membri dell'International Energy Agency. [6]

4.2.3. Tecnologie di Upgrading

4.2.3.1. Solvent scrubbing

Il lavaggio con solvente è la tecnologia più adottata per l'upgrading del biogas. Questa tecnologia può essere condotta sia per assorbimento fisico, quando i contaminanti del biogas vengono assorbiti sia fisicamente dall'acqua o da specifici liquidi organici (solventi), che per assorbimento chimico quando i contaminanti del biogas vengono assorbiti chimicamente dopo la loro reazione con un mezzo/soluzione adeguata. [6]

Il lavaggio con solvente può essere eseguito nelle seguenti varianti:

- *Water scrubbing*: tra le tecnologie disponibili in commercio, il lavaggio con acqua è la tecnologia più comune e ben sviluppata per la rimozione di CO₂ e H₂S dal biogas. Il lavaggio tramite acque rappresenta la quota più alta in Europa tra le varie tipologie di scrubbing (quasi il 40%) e rappresenta circa il 41% della quota totale nel mercato globale dell'upgrading del biogas. Questa tecnologia è ampiamente implementata a livello industriale e può essere efficacemente utilizzata per varie portate di biogas, soprattutto tra 500 e 2000 Nm³/h.

Il lavaggio con acqua si basa sulle diverse solubilità di CO₂ e CH₄ in acqua, in quanto secondo la legge di Henry⁷ la solubilità dell'anidride carbonica è ventisei volte superiore rispetto alla solubilità del metano in acqua a 25°C. L'H₂S presenta anch'esso una solubilità in acqua molto più elevata rispetto al CH₄ (circa settanta volte più solubile a 25°C) e può essere efficacemente rimosso insieme alla CO₂. Concentrazioni di H₂S tra le 300 e 2500 ppmv sono tollerabili con l'applicazione di questa tecnologia ma possono comunque risultare dannose per il sistema di lavaggio e pertanto, la rimozione totale di H₂S è altamente raccomandata prima di questo processo di lavaggio.

Nello scrubber ad acqua la CO₂ e altri composti vengono assorbiti fisicamente nell'acqua sotto l'applicazione di alte pressioni di esercizio (6-

10 bar) e basse temperature (fino a 40°C). Il biogas viene inizialmente iniettato nella colonna di assorbimento attraverso il lato inferiore del serbatoio, mentre l'acqua viene fornita dal lato superiore del serbatoio in un flusso controcorrente. L'assorbimento avviene in una torre impaccata, che viene riempita con un materiale di impaccamento apposito per aumentare l'interfaccia di contatto tra le due fasi e favorire il trasferimento di massa gas-liquido. L'anidride carbonica viene per lo più assorbita e rimossa dall'acqua gocciolante, mentre il flusso di metano esce dalla sommità della colonna di lavaggio e, dopo una fase di trattamento post-asciugatura (per rimuovere l'umidità in eccesso) e una fase finale di raffinazione (ad esempio mediante l'uso di un filtro a carboni attivi) per la rimozione del contenuto residuo dei COV, può essere compresso e immesso nella rete del gas naturale.

L'acqua satura che esce dallo scrubber è ricca di CO₂, ma contiene anche tra il 5% ed il 6% di CH₄ che non può essere disperso o emesso direttamente in atmosfera. Per questo motivo l'acqua viene indirizzata ad una colonna secondaria dove la perdita di carico fino a 2-4 bar permette la separazione ed il ricircolo del CH₄ residuo. A seconda delle opzioni di riutilizzo dell'acqua, sono disponibili in commercio due metodi: l'assorbimento "a singolo passaggio" (figura 51a), che viene solitamente impiegato quando l'acqua è ottenuta da impianti di trattamento delle acque reflue, e il cosiddetto "assorbimento rigenerativo" (figura 51b), dove quest'acqua può essere rigenerata utilizzando una colonna di desorbimento secondario con supplemento d'aria in controcorrente, operante a pressione atmosferica. La portata d'acqua tipica necessaria per valorizzare 1000 Nm³/h di biogas grezzo è compresa tra 180 e 200 m³/h a seconda della pressione applicata e della temperatura dell'acqua. Dopo le fasi finali di essiccazione e raffinazione il biometano prodotto può raggiungere una purezza fino al 99%. [6]

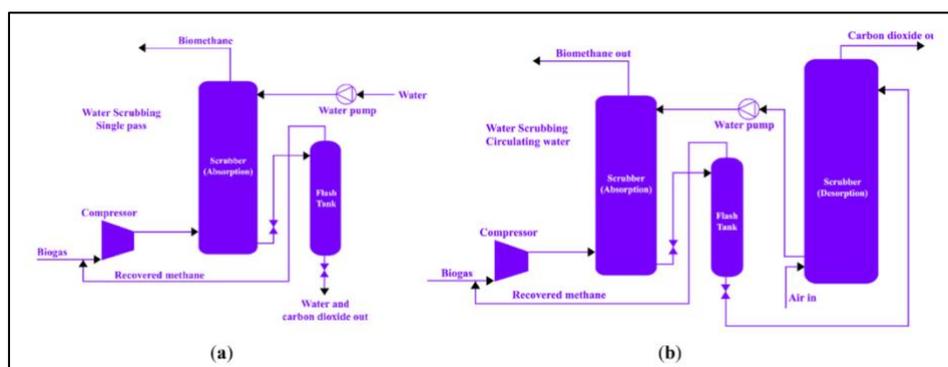


Fig. 51: schema di processo di Upgrading mediante water scrubbing “a singolo passaggio” (a) e con “assorbimento rigenerativo” (b). [6]

- *Organic-solvent scrubbing*: questo metodo si basa sullo stesso principio del lavaggio con acqua; tuttavia, l’assorbimento di CO₂ e H₂S non è condotto in soluzione acquosa ma da solventi organici come le miscele di metanolo e dimetileteri del polietilenglicole (PEG). I liquidi PEG, ampiamente utilizzati come solventi organici per l’upgrading del biogas, sono disponibili in commercio con i nomi commerciali di Selexol® e Genosorb®. Durante questo processo di lavaggio mediante solventi organici, il biogas grezzo viene inizialmente compresso a 7-8 bar e raffreddato a 20°C, prima della sua iniezione dal fondo della colonna di assorbimento. Anche il solvente organico viene raffreddato prima di essere iniettato dall’alto in quanto la temperatura di esercizio può influenzare anche la costante di Henry, regolando quindi la solubilità dei gas. Dopo il lavaggio, il solvente organico utilizzato viene solitamente rigenerato riscaldandolo a 80°C e depressurizzato a 1 bar utilizzando una colonna di desorbimento (secondaria).

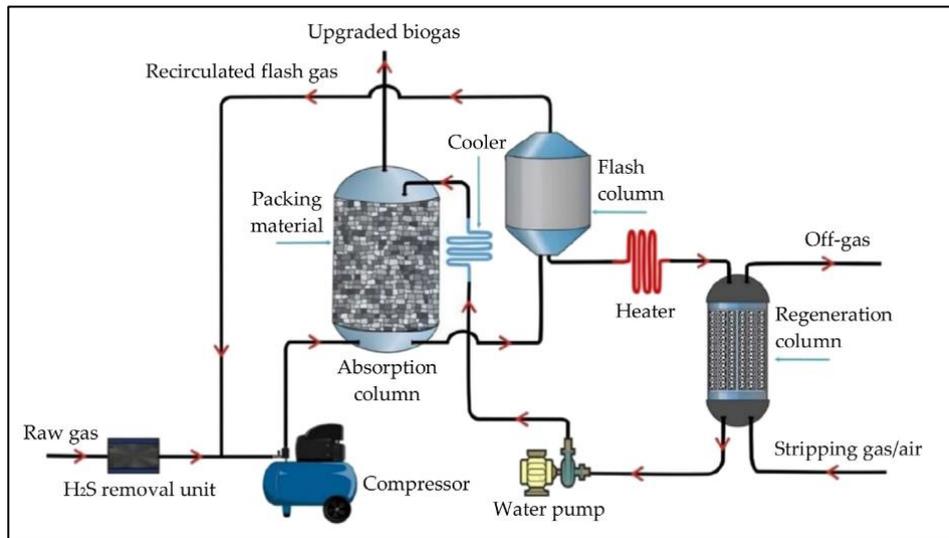


Fig. 52: schema di processo di Upgrading mediante organic-solvent scrubbing. [6]

- Chemical scrubbing*: Lo scrubbing chimico si basa sulla reazione chimica tra i gas assorbiti e un solvente chimico, che avviene in un flusso controcorrente con l'obiettivo di migliorare il trasferimento di massa biogas-liquido. Questa tecnologia si basa sullo stesso principio di funzionamento del lavaggio ad acqua o tramite solvente organico.

Le ammine (generalmente mono-, di- e tri-etanolamina) sono i reagenti/solventi chimici più comunemente utilizzati per la rimozione di gas acidi, come CO_2 e H_2S , dal biogas.

Un tipico sistema di lavaggio chimico con ammina (figura 53) è costituito da un assorbitore a letto impaccato, dove l'anidride carbonica viene assorbita dal biogas e da una colonna secondaria di stripper (desorbimento), nella quale viene separata/recuperata dalla soluzione amminica solitamente mediante riscaldamento sotto pressione ridotta. Il biogas grezzo entra nella prima colonna di assorbimento dal basso, mentre la soluzione amminica viene fornita dall'alto della colonna in un flusso controcorrente. Il contenuto di CO_2 del biogas grezzo reagisce con la soluzione amminica e viene assorbito/separato. Questa è una reazione esotermica, che aumenta la temperatura nell'assorbitore da 20°C - 40°C fino a 45°C - 65°C . Sebbene la solubilità della CO_2 in acqua solitamente

aumenti al diminuire della temperatura operativa, nel processo di lavaggio con ammina la velocità di reazione tra l'anidride carbonica e la soluzione amminica aumenta con l'aumentare della temperatura; pertanto, è possibile assorbire/rimuovere quantità ancora maggiori di CO₂. La pressione di esercizio dell'assorbitore è di 1-2 bar. Il biometano esce dalla sommità dell'assorbitore, entra in una fase di raffinazione e subisce compressione e riutilizzo.

La soluzione liquida (ammina) dal fondo dell'assorbitore, essendo "ricca" in CO₂, passa attraverso uno scambiatore di calore, che recupera il calore verso la soluzione "magra" (proveniente dalla colonna di stripping) e viene pompata nella parte superiore dello stripper. La parte inferiore dello stripper è dotata di un sistema di ribollitura, che fornisce il calore necessario alla reazione (fino a 120°C-150°C) comunemente realizzata ad una pressione di 1.5-3 bar. Il calore fornito crea anche un flusso di vapore che funge da ulteriore fluido di stripping. Il flusso in uscita, che contiene principalmente CO₂, viene raffreddato in un condensatore e convogliato verso un altro stripper, con lo scopo di rilasciare nell'atmosfera l'anidride carbonica intrappolata. Le tracce di vapore e solvente amminico vengono separate dal gas di scarico ottenuto e possono essere riciclate nella colonna di stripping.

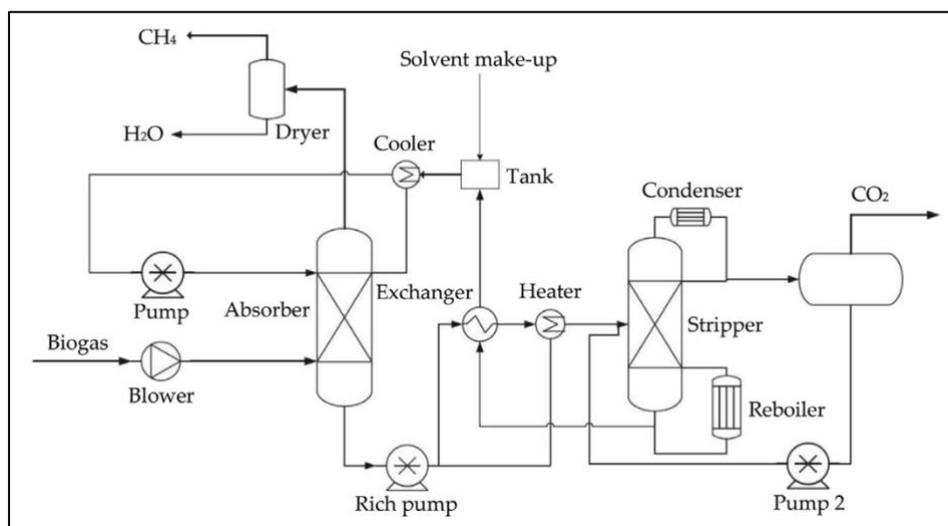


Fig. 53: schema di processo di Upgrading mediante chemical scrubbing. [6]

4.2.3.2. Adsorption processes

Anche l'impiego di processi di adsorbimento è un'opzione interessante per l'upgrading del biogas. La CO₂ adsorbita può essere recuperata piuttosto facilmente semplicemente variando la pressione o la temperatura, o talvolta anche applicando il vuoto, risultando in tre diversi processi di adsorbimento, vale a dire il Pressure Swing Adsorption (PSA), il Temperature Swing Adsorption (TSA) e il Vacuum Swing Adsorption (VSA). Tra questi, il PSA è il processo di adsorbimento più utilizzato per l'upgrading del biogas [6].

Nello specifico, la tecnologia PSA si basa sulla capacità di un materiale adsorbente poroso di adsorbire le molecole bersaglio da una miscela di gas sotto l'applicazione di alta pressione, che possono essere successivamente rilasciate applicando condizioni di pressione ridotta. Nello specifico, durante il processo di upgrading del biogas, le unità PSA utilizzano le diverse dimensioni molecolari tra CO₂ (0,34 nm) e CH₄ (0,38 nm). Di conseguenza, l'uso di un adsorbente con dimensioni delle cavità intermedie di 0,37 nm potrebbe consentire l'adsorbimento di CO₂ nei pori, mentre le molecole CH₄ fluiscono attraverso, cioè senza essere trattenute. Le pressioni e le temperature di adsorbimento sono solitamente comprese tra 3 e 8 bar e tra i 50°C e 60°C, mentre la pressione di rigenerazione è intorno a 0,1 e 0,2 bar. Le quattro fasi principali di un tipico ciclo operativo PSA sono brevemente presentate di seguito, nonché in figura 54: [6]

- *Adsorbimento*: durante la fase di adsorbimento, il biogas ad una pressione compresa tra 3 e 8 bar viene alimentato dal fondo di una colonna di adsorbimento (dopo la rimozione preliminare di H₂S e vapore acqueo/umidità). Quando il biogas passa attraverso la colonna, CO₂ e/o O₂ e/o N₂ possono essere adsorbiti selettivamente dal materiale adsorbente applicato e il gas esce come flusso di CH₄ (più o meno) puro. In pratica vengono solitamente installate più colonne di adsorbimento (tipicamente quattro) per mantenere il funzionamento continuo del sistema, ovvero poco prima che il materiale adsorbente sia completamente saturato, poi il biogas

viene indirizzato alla colonna successiva, che è stata precedentemente rigenerata.

- *Depressurizzazione o spurgo:* in questa fase ha luogo una depressurizzazione graduale del recipiente di adsorbimento alla pressione atmosferica e, infine, a condizioni prossime al vuoto. La pressione iniziale di 6-8 bar viene ridotta prima a circa 3-4 bar e poi alla pressione atmosferica.
- *Rigenerazione o spurgo:* in questa fase, alla colonna viene applicata una pressione quasi atmosferica o addirittura il vuoto. Il gas desorbito dal mezzo assorbente contiene non solo CO₂, ma anche alcune tracce di CH₄. Per ridurre la quantità di anidride carbonica nel gas desorbito, viene eseguita una fase di spurgo in cui parte del metano purificato viene riciclato per sostituire la CO₂. Durante la fase di rigenerazione, la composizione del gas di scarico cambia con la depressurizzazione applicata, poiché la concentrazione di CH₄ rilasciato nel gas di scarico è maggiore ad alte pressioni; pertanto, a pressioni più basse la maggior parte della CO₂ viene desorbita. Successivamente, il gas di scarico della fase iniziale di decompressione, che presenta una concentrazione di molecole di metano relativamente piccola (ma comunque importante), viene ricondotto all'ingresso del biogas grezzo per ridurre la perdita di CH₄. Il gas di scarico ottenuto dalle fasi successive della rigenerazione è ricco di CO₂, che potrebbe essere diretto al successivo stadio di adsorbimento dell'unità di trattamento dei gas di scarico o potrebbe essere scaricato direttamente nell'atmosfera (se la perdita preventivata di CH₄ è sufficientemente bassa). Il gas in uscita dalla colonna satura di CO₂ viene condotto all'adiacente colonna di adsorbimento precedentemente rigenerata. Questa è la fase di pressurizzazione di questa colonna, mentre la precedente colonna satura viene gradualmente depressurizzata fino a raggiungere la pressione quasi atmosferica. Il gas di scarico, che è una miscela di CO₂ ed un contenuto piuttosto significativo di CH₄, viene rilasciato e riciclato all'ingresso del sistema PSA, con l'obiettivo di ridurre il consumo energetico

relativamente elevato. La colonna satura viene infine trattata con biogas potenziato per completare la rigenerazione del materiale adsorbente.

- *Aumento della pressione:* poiché la rigenerazione viene eseguita a bassa pressione, per riavviare un nuovo ciclo è necessario aumentare la pressione. Prima che la fase di adsorbimento ricominci, la colonna di adsorbimento viene nuovamente pressurizzata in modo graduale fino alla pressione di adsorbimento operativa finale. Una volta stabilito l'equilibrio della pressione all'interno di una colonna di adsorbimento precedentemente utilizzata, l'aumento finale della pressione viene ottenuto con l'ingresso del gas di alimentazione. [6]

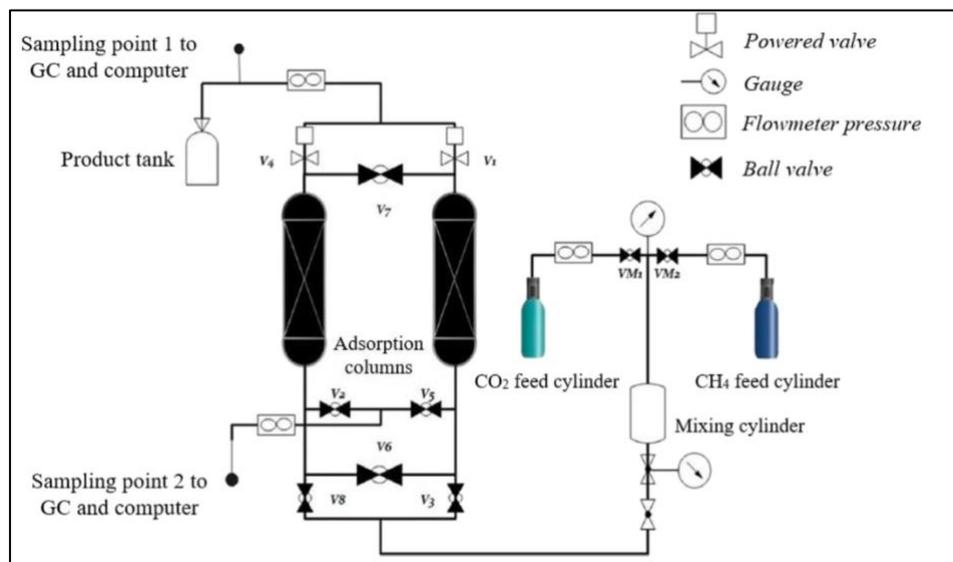


Fig. 54: schema di processo di Upgrading mediante PSA. [6]

4.2.3.3. Cryogenic separation

La separazione criogenica è popolare soprattutto per la rimozione dei principali contaminanti, come CO₂ e N₂. La separazione criogenica si basa sul fatto che i gas, come CO₂ e H₂S, vengono liquefatti in diverse condizioni di pressione e temperatura. Questa tecnologia funziona applicando una temperatura molto bassa (-170°C) e un'alta pressione (80 bar). Il punto di ebollizione del metano a 1 atm è -161,5°C, temperatura che è molto inferiore al punto di ebollizione dell'anidride carbonica (-78,2°C); pertanto, consente la separazione della CO₂ dal CH₄ mediante le diverse temperature di liquefazione. [6]

Nella separazione criogenica la temperatura viene gradualmente ridotta applicando un processo graduale fino a ottenere flussi di gas puri di CO₂ e CH₄. In questo stato, il metano è noto come “biometano liquefatto” (LBM) o “gas naturale liquefatto” (GNL). In primo luogo, umidità, H₂S, particelle di polvere, alogeni, silossani ed altri componenti indesiderati dovrebbero essere rimossi dal biogas grezzo per evitare problemi di funzionamento come congelamento o intasamento dei tubi o degli scambiatori di calore. Successivamente il biogas viene compresso a 10 bar e successivamente sottoposto a raffreddamento a -25°C. Nella terza fase il biogas viene ulteriormente raffreddato fino a -55°C e la CO₂ liquefatta viene rimossa dalla miscela di gas. Infine, il flusso di gas rimanente viene ulteriormente raffreddato fino a -85°C, dove il contenuto residuo di anidride carbonica solidifica e viene rimosso. Successivamente, il gas purificato viene depressurizzato e può essere utilizzato in varie applicazioni. [6]

A seconda della temperatura applicata in questo processo, è possibile ottenere diverse purezze dei flussi gassosi. Per raggiungere le temperature più basse necessarie, sono disponibili due opzioni di raffreddamento, ovvero il raffreddamento diretto e quello indiretto. Il raffreddamento diretto impiega la combinazione di compressori, scambiatori di calore e dispositivi di espansione, come utilizzati nei convenienti sistemi di refrigerazione industriale. Nel raffreddamento indiretto, che però non è consigliato per i sistemi di maggiori

dimensioni a causa dei costi più elevati, l'azoto liquido è l'agente refrigerante. Con l'obiettivo di raggiungere condizioni operative ottimali, per l'upgrading del biogas viene solitamente applicata una combinazione di raffreddamento diretto e indiretto. [6]

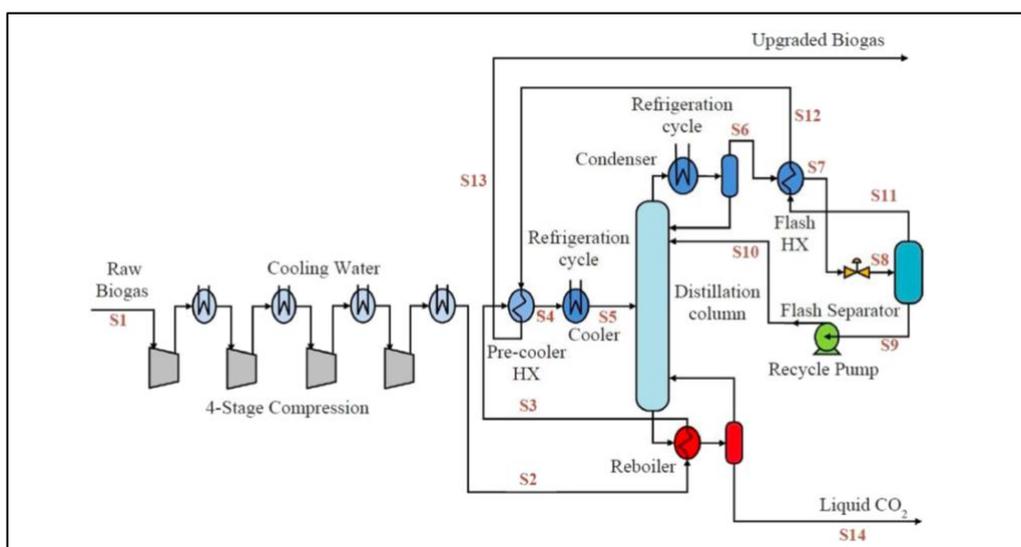


Fig. 55: schema di processo di Upgrading mediante cryogenic separation. [6]

4.2.3.4. Hydrogenation processes

Il processo di idrogenazione si basa sulla riduzione di CO₂ con H₂, che può essere condotta chimicamente oppure biologicamente. [6]

- *Idrogenazione chimica*: durante l'idrogenazione chimica vari catalizzatori, come nichel (Ni) o rutenio (Ru), possono essere utilizzati a temperatura (ad esempio 300°C) e pressione elevate (solitamente tra 50 e 200 bar) nel processo Sabatier che segue la semplice reazione chimica:



Questo processo richiede gas reagenti puri e, pertanto, dovrebbe essere considerata la possibilità di reazioni parallele se nel biogas sono presenti altre impurità. A causa della sensibilità del catalizzatore chimico all'esposizione prolungata alle impurità del gas reagente, cioè O₂ e altri composti in tracce, è necessaria un'accurata pulizia del gas prima della riduzione desiderata dell'anidride carbonica. Tuttavia, dopo la purificazione del biogas sono ancora presenti percentuali di composti gassosi e i catalizzatori chimici degenerano nel tempo.

- *Idrogenazione biologica*: le strategie biotecnologiche più popolari per aumentare il contenuto di metano nel biogas includono: la bioconversione della CO₂ assistita da H₂, la riduzione fermentativa della CO₂, l'utilizzo elettrochimico della CO₂ ed infine la cattura della CO₂ da parte delle microalghe. Tra le tecnologie sopra menzionate, la fattibilità dei sistemi di upgrading del biogas assistiti da H₂ è stata ben dimostrata con sufficienti risultati sperimentali. La bioconversione dell'anidride carbonica assistita da H₂ si riferisce alla reazione microbiologica tra CO₂ e H₂ per la produzione di biometano. L'H₂ richiesto in questo caso viene prodotto principalmente dall'elettrolisi dell'acqua, che può essere ricavata da fonti energetiche rinnovabili, ad esempio utilizzando l'energia in eccesso proveniente da impianti eolici o fotovoltaici. L'accumulo di energia da

fonti eoliche o solari può quindi essere trasferito alla produzione di CH_4 , con l' H_2 a fungere da vettore energetico intermedio. [6]

4.2.3.5. Membrane separation

La purificazione del biogas mediante l'utilizzo di membrane si basa sulla permeazione selettiva dei componenti del gas attraverso una membrana semipermeabile, che funge da barriera per specifici componenti del gas, sebbene consenta ad alcuni altri di permeare la membrana, principalmente a seconda della loro natura. dimensioni effettive. Le membrane utilizzate per l'upgrading del biogas solitamente consentono la permeazione preferenziale della CO_2 e trattengono il CH_4 . Quando applicato all'ingresso delle unità a membrana, il biogas pressurizzato (a pressioni comprese tra 20 e 40 bar, sebbene alcune unità commerciali possano funzionare anche nell'intervallo 6-20 bar) può produrre un flusso ritenuto, ricco di CH_4 , e un flusso di permeato, che è ricco di anidride carbonica, contenente anche alcune tracce residue di metano. Anche altri contaminanti del biogas (ad esempio H_2S , silossani ecc.) possono essere separati dalla membrana applicata, ma preferibilmente dovrebbero essere rimossi durante una fase preliminare per prolungare la durata della membrana. [6]

I numeri e l'interconnessione degli stadi a membrana applicati non sono determinati dalla qualità del biometano desiderata ma dal recupero del metano richiesto e dalla specifica richiesta di energia di compressione. I moderni impianti di upgrading con un design più complesso offrono possibilità di recupero di metano molto elevato con quantità di energia relativamente bassa. Si sono realizzati anche compressori multi-modalità che si sono dimostrati economicamente vantaggiosi. La pressione e la velocità di funzionamento del compressore sono entrambi controllati per fornire la qualità e la quantità del biometano prodotto. Di seguito viene riportato uno schema del principio di funzionamento dell'upgrading tramite membrane selettive. [5]

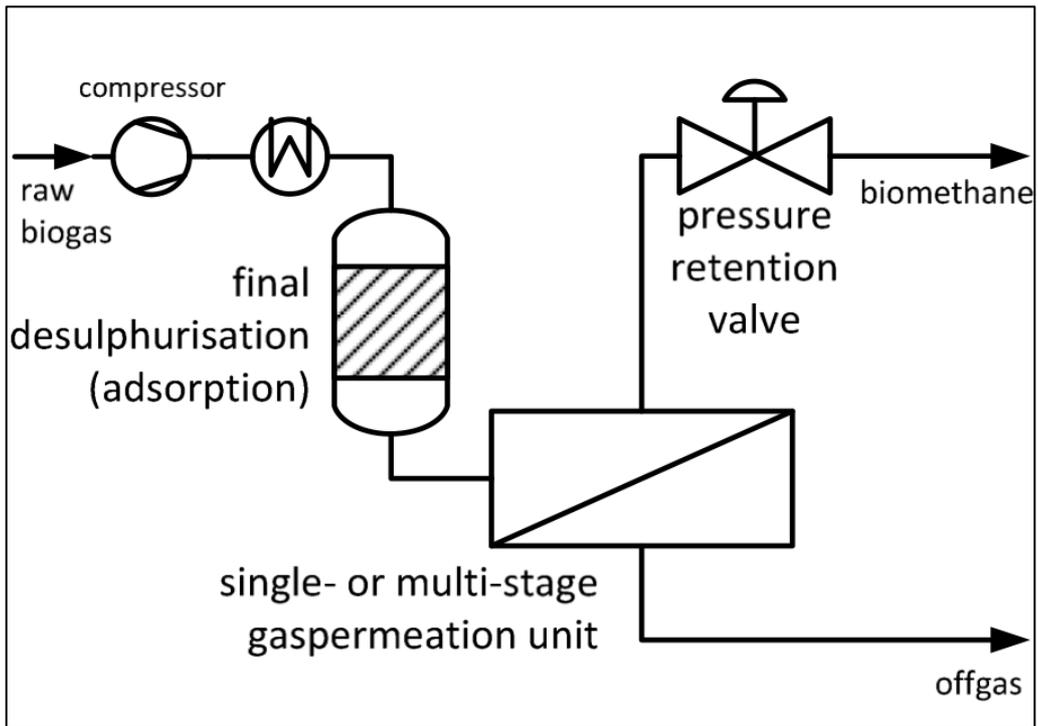


Fig. 56: Schema generico del processo di Upgrading tramite membrane selettive. [5]

4.2.4. Confronto tra le tecnologie

Tra quelle descritte, le tecnologie più utilizzate ad oggi per l'upgrading del biogas in biometano sono l'assorbimento fisico ad acqua pressurizzata e con composti organici, l'assorbimento chimico, l'adsorbimento fisico PSA, la separazione criogenica e quella tramite membrane selettive. Di queste e non solo viene proposta un'analisi di confronto sintetica tramite tabelle, presentandone i vantaggi e gli svantaggi principali, per ottenere così un quadro di raffronto completo. [7]

Technology	Advantage	Disadvantage
Water scrubbing	<ul style="list-style-type: none"> • High CH₄ recovery (96–98%) • Low CH₄ losses (<2%) • Efficient and simple process • High technical maturity • No requirement of chemicals • Low maintaining and operating cost • Simultaneous removal of H₂S and NH₃ • Easy water regeneration 	<ul style="list-style-type: none"> • High investment and operating cost • High energy consumption • Needs more energy to pump the water and press the gas • Requirement of large volume • Requirement of more water • Clogging because of bacterial growth • H₂S causes corrosion problems • Difficulty in the recovery of CO₂
Scrubbing with organic solvents	<ul style="list-style-type: none"> • High CH₄ recovery (96–98%) • Low CH₄ losses (2–4%) • Lower amounts of solvent • Higher absorption than water scrubbing • Regenerative 	<ul style="list-style-type: none"> • High investment and operating cost • Expensive solvents • Energy-intensive due to regeneration of the solvent • Complex solvent regeneration if H₂S is not removed previously
Chemical scrubbing	<ul style="list-style-type: none"> • High CH₄ recovery (96–99%) • Very low CH₄ losses (<0.1%) • Low operating cost • Fast process • Easy regeneration • Smaller column volume 	<ul style="list-style-type: none"> • High investment cost • Energy-intensive due to regeneration of the solvent • Toxicity of used solvents • Requirement of waste treatment • H₂S degrades the solvent
PSA	<ul style="list-style-type: none"> • High CH₄ recovery (95–99%) • Low energy consumption • Fast adsorbent regeneration • Low environmental footprint • Possible H₂S co-removal • Fast installation and start-up • Chemicals are not required • High equipment compactness 	<ul style="list-style-type: none"> • High CH₄ losses (<4%) • High investment and operating cost • Requirement of other treatments due to incomplete scrubbing • Rather complex process • H₂S degrades the adsorbent material • Susceptible to fouling
Cryogenic separation	<ul style="list-style-type: none"> • High CH₄ recovery (97–98%) • Low CH₄ losses (2%) • No requirement of chemicals • High CO₂ absorption • Production of liquid CH₄ • H₂S co-removal 	<ul style="list-style-type: none"> • High energy consumption • High investment and operating cost • Requirement of lots of process equipment, in the main cooler, heat exchanger, and compressor
Chemical hydrogenation	<ul style="list-style-type: none"> • High CH₄ recovery (up to 99%) • High process efficiency 	<ul style="list-style-type: none"> • High temperature and pressure demand • Degradation of catalytic activity by other (trace) gases • Demand of rare elements to synthesize efficient catalysts • High operating cost • Low H₂ dissolution • Low H₂ partial pressure • pH variations • Presence of small amounts of N₂ and O₂ in the treated biogas • Requirement of additional nutrients for bacterial growth
Biological hydrogenation	<ul style="list-style-type: none"> • High CH₄ recovery (>98%) • Low cost and energy requirement • Environmentally friendly • Conversion of CO₂ to high value-added products • Operation under mild conditions • No production of undesirable products 	
Membrane separation	<ul style="list-style-type: none"> • High CH₄ recovery (96–98%) • Low operating and maintenance cost • Environmentally friendly • No chemicals required • Simple operation and equipment • Low space requirement • Scale-up flexibility 	<ul style="list-style-type: none"> • Frequent replacement of membranes • Membrane cost • H₂S removal required

Fig. 57: tabella dei vantaggi e svantaggi delle tecnologie di upgrading. [6]

Lo sviluppo tecnologico ha portato alla realizzazione di impianti di upgrading sempre più efficienti, affinando gli aspetti tecnico-operativi mediante miglioramenti continui sul campo, spostando l'asse di valutazione anche sul terreno economico. Per questo motivo, è necessario includere nell'analisi di confronto delle tecnologie anche gli indici di investimento (CAPEX) e di costo operativo annuo (OPEX). [7]

Cost	Water scrubbing	Scrubbing with organic solvents	Scrubbing with amines	PSA systems	Membrane technology
Approximate investment cost (€/m ³ /h) of biomethane)					
Up to 100 m ³ /h	10,100	9500	9500	10,500	7500
Up to 200 m ³ /h	5500	5000	5000	5500	4800
Up to 300 m ³ /h	3500	3500	3500	3800	3500
Approximate operating cost (€/m ³ /h) of biomethane)					
Up to 100 m ³ /h	14.0	13.8	14.4	12.8	12.5
Up to 200 m ³ /h	10.3	10.2	12.0	10.1	8.6
Up to 300 m ³ /h	9.1	9.0	11.2	9.2	7.5

Fig. 58: costi di investimento e operativi delle principali tecnologie di upgrading. [6]

È importante ricordare che la definizione di migliore tecnologia è basata sugli specifici parametri dell'impianto, come la disponibilità di calore ed il prezzo di acquisto dell'elettricità, considerando poi che per ridurre il fenomeno dell'esalazione di metano o "methane slip" (la perdita di metano è un evento per cui il metano gassoso fuoriesce nell'atmosfera, che può verificarsi ogni volta che viene immagazzinato, trasportato o utilizzato) ci saranno conseguenti consumi di energia, o che per trattare volumi ridotti di biogas grezzo in ingresso si avranno perdite in termini di efficienza dell'impianto. Quindi, ogni aspetto relativo all'impianto incide sulla gestione e ottimizzazione dei veicoli tecnici e tecnologici, lasciando al caso specifico la valutazione sulla soluzione di volta in volta più idonea. [7]

4.2.5. Focus: upgrading tramite separazione a membrana

4.2.5.1. Generalità

Le tecnologie a membrana sono state applicate per diverse separazioni gas/liquido o gas/gas in numerose applicazioni industriali, tra cui il trattamento delle acque reflue municipali o industriali, la produzione di N₂ dall'aria, il recupero di H₂ da impianti di produzione di ammoniaca o il recupero di vapori provenienti da flussi di gas trattati, ecc. Soprattutto negli ultimi anni sono state effettuate intense ricerche per ampliare il campo di applicazione delle separazioni dei gas mediante l'applicazione di membrane. Nuove applicazioni rilevanti con progressi commerciali di successo includono la disidratazione del gas naturale o dell'aria e la cattura di CO₂ dalle emissioni industriali e dalle centrali elettriche. [6]

La separazione a membrana è emersa anche come una tecnologia interessante per la valorizzazione del biogas. In generale, la separazione del gas con membrane è stata già applicata nella produzione di gas industriali negli ultimi 40 anni. Nello specifico, l'uso di membrane per il trattamento del biogas è stato segnalato fin dai primi anni '80, quando Kimura e Walmet⁸ svilupparono membrane polimeriche specifiche per la separazione del metano dall'anidride carbonica in una miscela di gas sintetico. A questo lavoro seguirono numerosi studi di ricerca, fino a quando fu finalmente considerata possibile l'applicazione della permeazione del gas in impianti di biogas reali e su vasta scala. Dopo decenni di sviluppo, la tecnologia di separazione a membrana è ben nota per la sua sicurezza, flessibilità, facile scalabilità, semplicità di funzionamento e manutenzione, senza la necessità di aggiungere sostanze chimiche potenzialmente pericolose. [6]

Generalmente, vengono utilizzati due modelli/meccanismi per spiegare la capacità di separazione raggiunta dalle membrane, vale a dire il modello di diffusione della soluzione e il modello di flusso dei pori. Nel modello di diffusione della soluzione, le molecole di permeato si dissolvono inizialmente nel materiale della membrana e poi si diffondono attraverso la membrana, a causa del gradiente di concentrazione esistente. La separazione si ottiene a causa delle differenze nelle

quantità di qualsiasi componente specifico che può essere disciolto nel materiale della membrana e nella rispettiva velocità con cui questi componenti possono diffondersi attraverso la membrana. Nel modello a flusso poroso, le molecole del permeato vengono separate grazie al flusso convettivo guidato dalla pressione attraverso i minuscoli pori della membrana utilizzata. Secondo questo modello, la separazione viene ottenuta perché le molecole di uno o più componenti specifici possono essere generalmente escluse dalla maggior parte dei pori della membrana, mentre altre molecole possono attraversarli. Pertanto, si può adottare il modello di diffusione della soluzione o il modello di flusso dei pori a seconda del modo in cui è espresso il gradiente di potenziale chimico; si assume il modello di diffusione della soluzione quando la pressione all'interno di una membrana è considerata uniforme e il gradiente di potenziale chimico di un permeato attraverso la membrana è rappresentato solo come gradiente di concentrazione. Invece, si assume il modello del flusso dei pori quando la concentrazione del permeato all'interno della membrana è uniforme e il gradiente di potenziale chimico attraverso la membrana è rappresentato solo come gradiente di pressione. [6]

La separazione del gas solitamente può avvenire in una configurazione di processo a stadio singolo, che consiste in un modulo a membrana, o in una configurazione di processo a più stadi, che incorpora diversi moduli a membrana in serie, o in una configurazione parallela (solitamente con ricircolo interno) e produce biometano di elevata purezza (>95%). In questo processo, risulta comunque necessario un compromesso tra l'elevato recupero di metano desiderato (ovvero il rapporto tra la portata di CH₄ nel biogas ottenuto per Upgrading e la portata di metano nel biogas grezzo) e l'inevitabile perdita di quest'ultimo che sarà presente in una percentuale, seppur minima, dei gas di scarico. In generale, è noto che la configurazione del processo multistadio abbia costi di investimento e operativi inferiori e possa raggiungere una purezza del CH₄ e un recupero di biometano più elevati. [6]

4.2.5.2. Materiali e configurazioni delle membrane

L'interazione/i tra i componenti del biogas e il materiale della membrana influisce sulle prestazioni di separazione e sulla selettività e, pertanto, la selezione del materiale della membrana appropriato è cruciale per il successo complessivo del processo. Le membrane organiche (polimeriche), inorganiche e a matrice mista (MMM) sono oggi i principali tipi di membrane applicate alla purificazione del biogas. [6]

Le membrane polimeriche sono le membrane più utilizzate commercialmente. Sono realizzati con materiali organici, come acetato di cellulosa (CA), polisulfone (PSU), poliimmide (PI), polidimetilsilossano (PDMS) o policarbonato (PC), inclusi nell'apposito telaio che solitamente è costituito da un tubo di acciaio inossidabile. Questi materiali presentano una forte selettività per la separazione CH_4/CO_2 , poiché sono altamente permeabili ai gas CO_2 , H_2O e NH_3 , ma meno permeabili a O_2 e H_2S , e quasi non permeabili a CH_4 e N_2 . Di conseguenza, il flusso del permeato è costituito principalmente da CO_2 , H_2O , NH_3 e altri gas residui, che possono attraversare i micropori della membrana, mentre il flusso del ritentato, essendo ricco di CH_4 , attraversa il modulo membrana, senza essere effettivamente rimosso o separato. Le membrane polimeriche sono oggi giorno relativamente facili da fabbricare, presentando elevata resistenza meccanica, costo piuttosto basso ed elevata permeazione selettiva. Tra i materiali sopra menzionati, le membrane CA, PI e PSU sono le membrane commerciali più utilizzate per l'upgrading del biogas. Questa tipologia di membrane rende l'upgrading per separazione a membrana molto competitivo rispetto ad altre tecnologie più convenzionali sia in termini di costi di investimento che di esercizio. Tuttavia, lo studio di materiali polimerici alternativi per la separazione del biogas è messo in discussione dal limite superiore di compromesso tra permeabilità/produzione e selettività, poiché le membrane altamente permeabili sono comunemente associate a una bassa selettività del gas e viceversa. [6]

Le membrane inorganiche sono costituite nella maggior parte dei casi da materiali come zeolite, carbone attivo, silice e nanotubi di carbonio. Rispetto alle membrane polimeriche convenzionali, le membrane inorganiche offrono vantaggi più specifici, come una maggiore resistenza meccanica e una maggiore stabilità termica e chimica. La loro fabbricazione, tuttavia, è considerata un processo piuttosto rigoroso e richiede un monitoraggio continuo, a causa della loro fragile struttura. Inoltre, è difficile formare membrane inorganiche continue e prive di difetti per applicazioni pratiche utilizzando materiali porosi rigidi (come la ceramica), nonostante le loro proprietà superiori di separazione dei gas. Anche l'applicazione delle membrane inorganiche ad oggi è piuttosto limitata, a causa del loro costo di produzione più elevato rispetto a quello delle membrane polimeriche. Per superare le limitazioni sopra menzionate, i ricercatori si sono concentrati sullo sviluppo di membrane composite, note come membrane a matrice mista (MMM), che integrano materiali polimerici (come fase continua) con particelle inorganiche (come fase dispersa). La costruzione di tali membrane mira a combinare i vantaggi dei materiali sia polimerici che inorganici e a superare i limiti presentati delle singole tecnologie. Pertanto, si prevede un miglioramento significativo nel campo industriale della purificazione del biogas, quando le membrane a matrice mista saranno pronte per essere applicate su scala più ampia. Ciononostante, sono necessarie ulteriori ricerche per migliorare l'efficienza di dispersione e la compatibilità del materiale inorganico incorporato nella fase polimerica. [6]

Trattando invece le possibili configurazioni delle membrane, sono state sviluppate tre tipologie differenti di strutture delle membrane per gli scopi di permeazione del gas, vale a dire la fibra cava (HF), la spirale avvolta (SW) e la configurazione a busta (figura 59). Quest'ultimo presenta una densità di impaccamento minore con conseguente area superficiale inferiore e pertanto, i moduli HF e SW sono più comunemente utilizzati per l'upgrading del biogas nel tentativo di ottenere prestazioni di processo più elevate. In generale, per fornire una sufficiente superficie di membrana in impianti di dimensioni compatte, queste membrane

vengono combinate a moduli paralleli e prevedono una struttura a fibre cave, disposte simmetricamente, asimmetriche, o a fogli piatti; tuttavia, come presentato nella figura 60 diversi fornitori rinomati hanno iniziato a sviluppare e commercializzare anche moduli avvolti a spirale di alta qualità. [6]

Property	Membrane configuration		
	Hollow fibre	Spiral wound	Envelope
Packing density, m ² /m ³	<10,000	200-1000	30–500
Approximate area per module, m ²	300–600	20–40	5–20
Pre-treatment requirements	High	Fair	Minimal

Fig. 59: Tabella delle proprietà delle tre tipologie principali di membrane. [6]

Supplier	Module configuration	Material
Air Liquide (Medal)	Hollow fibre	Polyimide, polyamide
Air Product (Prism, Cactus)	Hollow fibre	Polysulfone
Airrane	Hollow fibre	Poysulfone
DIC Corporation	Hollow fibre	Poly (4-methyl-1-pentene)
Evonik (Sepuran)	Hollow fibre	Polyimide
Fujifilm (Apura)	Spiral wound	Polydimethylsiloxane
Generon (IGS)	Hollow fibre	Tetrabromo polycarbonate, TPX
GMT Membrantechnik	Envelope type	Poly (ethylene oxide), poly (butylene terephthalate)
Honeywell-UOP (Separex)	Spiral wound	Cellulose acetate
IGS Generon Membrane Technology	Hollow fibre	Tetrabrome polycarbonate
MTR Inc.	Spiral wound	Perfluoro polymer, silicone rubber
Parker (Aquilo)	Hollow fibre	Polyphenylene oxide
Schlumberger (Cynara)	Hollow fibre	Cellulose acetate
UBE Membranes	Hollow fibre	Polyimide
Kvaerner Membrane Systems ^a	Spiral wound	Cellulose acetate
Praxair ^a	Hollow fibre	Polyimide

^a No longer active.

Fig. 60: Tabella dei principali produttori di membrane con configurazioni e materiali. [6]

4.2.5.3. Configurazioni di processo

Il processo di upgrading tramite separazione a membrana veniva già utilizzato in Europa e soprattutto negli Stati Uniti dagli anni Novanta prevalentemente per il riutilizzo dei gas di discarica. Queste tecnologie erano però poco selettive e non consentivano quindi un recupero elevato del metano. Oggi la maggior parte delle applicazioni sul mercato europeo necessita di efficienze in grado di raggiungere concentrazioni superiori al 97% di CH_4 recuperato. Per ottenerla è necessario quindi combinare in modo ottimale le più avanzate tecnologie delle membrane e design con un approccio multistadio. [7]

In generale, in un tipico impianto commerciale a membrana il gas naturale viene prodotto da un biodigestore attraverso il processo di digestione anaerobica, quindi il biogas grezzo viene normalmente pulito prima della compressione per rimuovere acqua e idrogeno solforato. Nei casi in cui ammoniaca, silossani e composti organici volatili siano attesi in concentrazioni significative, anche questi componenti sono comunemente rimossi prima del processo di upgrading del biogas. L'acqua viene rimossa per prevenire la condensa in membrana durante la compressione mediante raffreddamento e condensazione, mentre l'idrogeno solforato (H_2S) e i composti organici volatili (COV) vengono rimossi rispettivamente attraverso l'uso di filtri a carboni attivi e filtri COV appositi. Oltre a questa pulizia è buona prassi disporre di un filtro antiparticolato in modo da salvaguardare l'integrità del compressore e delle membrane a valle. Dopo la pulizia del gas, il biogas viene compresso a 6-20 bar. La pressione di esercizio dipende dai requisiti specifici dell'impianto in oggetto nonché dal design e dal produttore dell'unità di upgrading. Dopo la compressione alla pressione di processo, il biogas grezzo viene raffreddato per l'essiccazione e la rimozione dell'ammoniaca. Dopo riscaldamento attraverso il calore di scarto del compressore, il restante H_2S è rimosso mediante adsorbimento su ferro o ossido di zinco. Infine, il gas viene convogliato ad una unità di permeazione singola o multipla. I numeri e l'interconnessione degli stadi a membrana applicati non sono determinati dalla qualità del biometano desiderata ma sono legati alla

composizione della miscela, ai gas coinvolti nella separazione, alle condizioni operative, alle proprietà di separazione della membrana e agli obiettivi desiderati da raggiungere, sia in termini di recupero di metano che di energia di processo. I moderni impianti di upgrading con un design più complesso offrono possibilità di recupero di metano molto elevato, con quantità di energia necessaria relativamente bassa. Si sono realizzati anche dei compressori multi-modalità che si sono dimostrati economicamente vantaggiosi. Esistono differenti tipologie di processi che ugualmente utilizzano la tecnologia delle membrane, tre dei design più comuni sul mercato sono riportati in figura 61. [7]

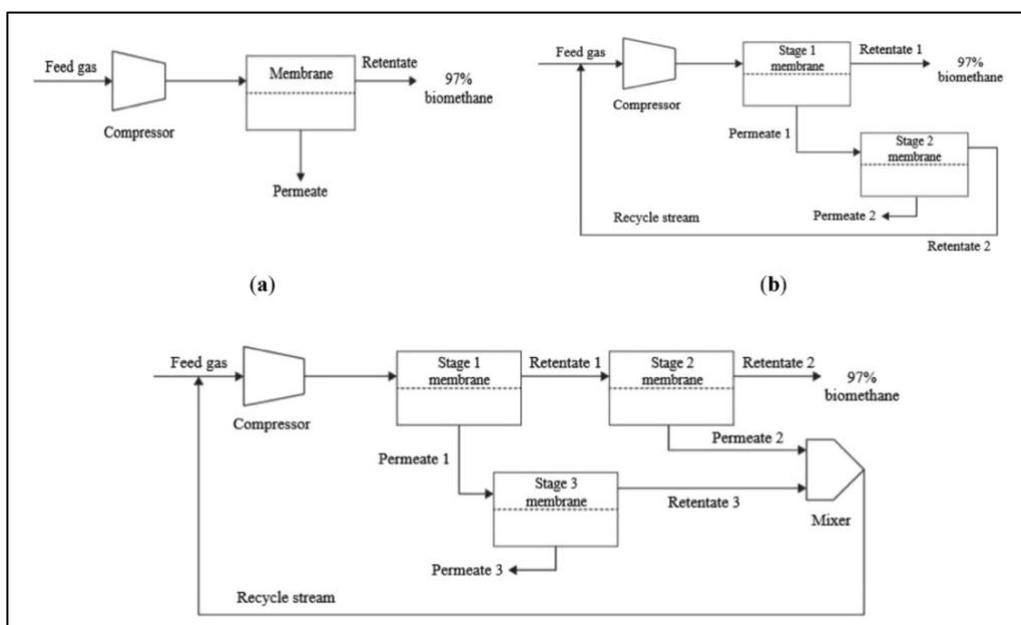


Fig. 61: Configurazioni di processo a membrane. [6]

La prima configurazione (a) non dispone di circolazione interna del biogas e quindi registra consumi inferiori di energia di compressione. Tuttavia, la perdita di metano sarà maggiore: per ridurre tale inefficienza è necessario l'utilizzo di membrane ad alta selettività (cioè con elevata differenza tra il tasso di permeazione del metano e quello dell'anidride carbonica); questa tipologia di upgrading è tanto più efficiente se il metano è adoperato in un circolo di cogenerativo. Il secondo design (b) consente un recupero maggiore di metano rispetto al caso

precedentemente analizzato. Il permeato (il gas che attraversa la membrana) del primo stadio viene rimosso dal sistema, mentre il permeato dello stadio successivo viene ricircolato ed inviato al compressore per ridurre al minimo le perdite di metano. Questo sistema, tuttavia, si caratterizza per gli alti consumi energetici. Nel terzo caso (c) invece, il ritentato (gas che non passa attraverso le membrane) del primo stadio viene ripassato nel secondo stadio per ottenere un grado di purezza del metano vicino al 97%. In questo sistema, poi, il permeato del primo stadio viene passato attraverso una terza fase per ridurre al minimo la concentrazione di CH₄ nei gas di scarico e torna al compressore. Questo tipo di tecnologia è caratterizzata da un'elevata flessibilità del layout di processo e di adattamento all'impianto di produzione di biogas, oltre ad essere connotata da un comportamento flessibile al carico parziale. L'applicazione di questa tecnologia per la produzione di biometano è particolarmente vantaggiosa se la capacità dell'impianto è media o piccola, se il flusso di biometano può essere utilizzato direttamente alla pressione di consegna senza necessità di una ulteriore compressione e se la domanda di calore dell'impianto di biogas può essere, almeno in parte, coperta dal trattamento dei gas di scarico. [7]

Dal punto di vista della letteratura scientifica in materia, i risultati delle ricerche condotte hanno mostrato che l'applicazione della configurazione multistadio produce generalmente CO₂ ad alta concentrazione, aumenta l'efficienza di recupero dell'anidride carbonica e soprattutto riduce significativamente la perdita di metano. In compenso, l'ottimizzazione della configurazione del processo diventa più difficile e complessa quando aumenta il numero delle fasi di separazione, con conseguente necessità di un approccio basato sulla simulazione per progettare il processo. Tuttavia, è generalmente accettato che la configurazione del processo a più stadi comporti costi di investimento e operativi inferiori, una maggiore purezza del CH₄ ed un recupero di biometano più elevato rispetto al modello a stadio singolo. [6]

4.2.5.4. Vantaggi

Le tecnologie basate su membrane sono considerate adatte per l'upgrading del biogas perché sono rispettose dell'ambiente e presentano un funzionamento piuttosto semplice senza la produzione di rifiuti nocivi. Richiedono investimenti e costi operativi relativamente bassi e risultano semplici da trasportare ed installare in virtù del formato compatto che le caratterizza. La caratteristica predominante che contraddistingue questa tecnologia, oltre all'elevata affidabilità, è l'elevata adattabilità che permette di combinare facilmente diversi moduli a membrana consecutivi, anche negli impianti preesistenti, e adottare variegate configurazioni di processo (ad es. a uno, due, tre stadi, ecc.), aspetti che rendono la separazione a membrana flessibile e applicabile su ogni scala di impianto. Infatti, questa tecnologia è adatta anche per portate di biogas basse e moderate, soprattutto inferiori a 300 Nm³/h, senza un sostanziale aumento dei costi per le unità più piccole. Infine, uno dei maggiori vantaggi del loro utilizzo di ambito Upgrading è il recupero di CH₄ regolabile durante la fase di progettazione (layout dell'impianto), così come durante il funzionamento (sistema di controllo dell'impianto). Ciò consente la progettazione di processi su misura per i singoli impianti di biogas conformi secondo le condizioni di operatività prestabilite. Ciononostante, è necessario in fase progettuale trovare un equilibrio per quanto riguarda i compromessi tra recupero di metano, domanda specifica di energia e costi di upgrading del biogas. [6]

4.2.5.5. Criticità e miglioramenti apportabili

L'applicazione della separazione a membrana per l'upgrading del biogas presenta ancora numerose sfide e limitazioni. Uno degli inconvenienti più rilevanti è la sostituzione piuttosto frequente delle membrane (solitamente dopo 1-5 anni di funzionamento) ancora costosa. Al fine di ridurre questa spesa, l'incremento della vita utile delle membrane è un parametro chiave per il successo della loro implementazione. Quando le proprietà chimiche e meccaniche della membrana non sono più in grado di garantire il rispetto delle specifiche in termini di selettività e permeabilità, è necessario considerare il potenziale di riciclo e rigenerazione dell'apparecchio. Il riciclo delle membrane consente alla separazione a membrana di essere più attraente per il mercato, attraverso la riduzione del costo unitario di produzione ed essendo anche più rispettosa dell'ambiente. La previsione della frequenza e l'ottimizzazione dello schema di sostituzione delle membrane potrebbero essere un punto chiave per l'abbattimento dei costi di funzionamento dell'impianto. In letteratura, molti studi hanno proposto diversi programmi di pulizia e sostituzione delle membrane al fine di ottenere un utilizzo ottimale dei sistemi a membrana utilizzati durante il trattamento dell'acqua o delle acque reflue e approcci simili potrebbero essere adottati per le membrane di permeazione del gas utilizzate per l'upgrading del biogas. Inoltre, come discusso, la separazione a membrana richiede anche un efficace pretrattamento del biogas grezzo, con la rimozione preliminare di impurità, come silossani, alcani, idrocarburi aromatici, alogeni e soprattutto dell' H_2S . Sebbene l'applicazione di un pretrattamento efficace possa richiedere processi di separazione più complessi e costosi, la rimozione delle impurità è necessaria poiché possibili cause di problemi di corrosione o degradazione del materiale della membrana e, di conseguenza, di deterioramento delle prestazioni della membrana. Quindi le principali sfide presenti e future per i produttori delle apparecchiature di upgrading del biogas a membrana sono realizzare dispositivi a funzionamento stabile, capaci inoltre di essere sempre più resistenti all'azione di contaminanti e la cui vita di esercizio sia

sufficientemente lunga da giustificare il loro impiego in termini di fattibilità economica, soprattutto per impianti di grandi dimensioni. [6]

4.3. A3 Continuous Improvement

4.3.1. Strumento Lean A3-PS

Il processo attraverso cui Toyota identifica, dettaglia ed affronta problemi e sfide ad ogni livello può essere individuato nella struttura del suo processo di gestione A3. Nella filosofia Lean, infatti, il report A3 e nello specifico l'A3-PS (Problem Solving) costituisce la chiave nella risoluzione di problemi e dei progetti di miglioramento continuo. Il nome dello strumento viene ereditato dal formato cartaceo (foglio A3: 420 mm x 297 mm) sul quale è basato e al cui interno si compone la tipica struttura articolata in due colonne di destra a sinistra e da leggere dall'alto verso il basso, che racchiude in sé i vari passaggi necessari per portare a termine l'attività di problem solving e che viene riportata nella seguente figura.

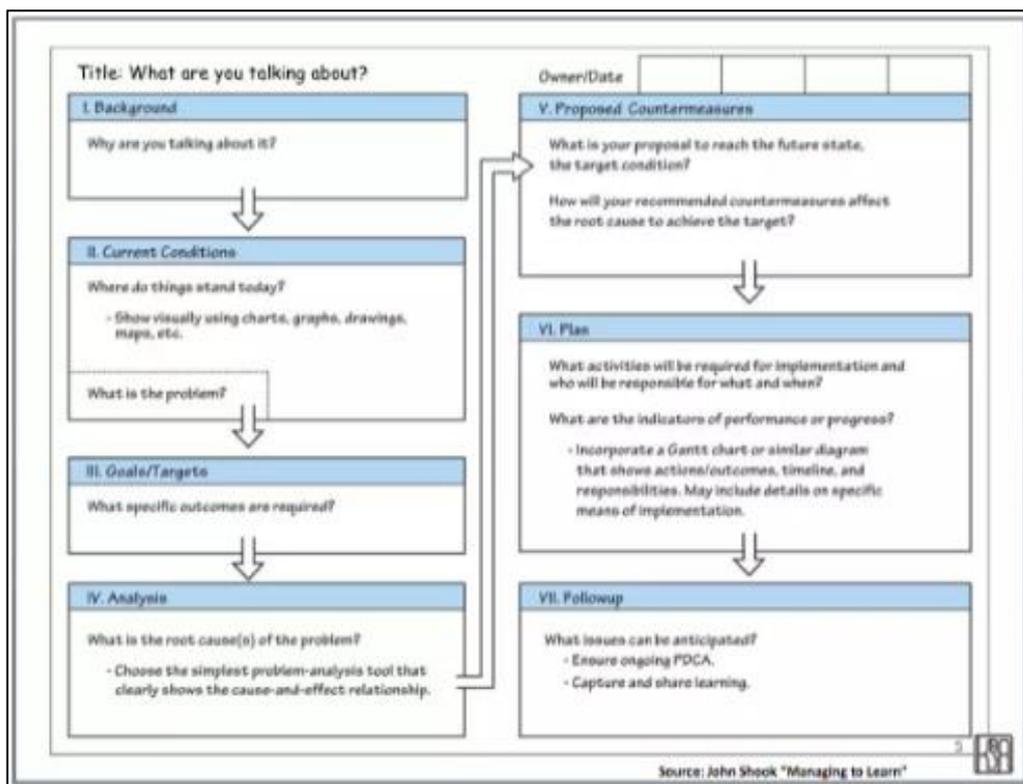


Fig. 62: Struttura dell'A3-PS. [3]

Ogni report A3 è introdotto con un titolo in cui si riporta il problema che si vuole affrontare in modo descrittivo. È molto importante che il tema si concentri sul problema e non su di una particolare soluzione. Successivamente, l'autore descrive tutte le informazioni di background (sezione I) che sono essenziali per comprendere la natura e l'importanza della problematica. In questa sezione si possono inserire note in merito alle modalità con cui si è scoperto il problema, perché è importante per l'azienda, gli attori coinvolti ecc. [3]

Si passa poi alla sezione II, dove si disegna un grafico per definire come il sistema che produce il problema, funziona nella situazione attuale. I problemi stessi sono evidenziati nel diagramma in modo tale da essere immediatamente comprensibili a qualsiasi lettore. Inoltre, è buona norma utilizzare numeri e percentuali per quantificare la situazione in un diagramma di semplice lettura. Fondamentale in questo processo è l'osservazione dello stato attuale: pertanto, non bisogna inserire ipotesi di come il sistema dovrebbe funzionare o di come funziona in modo soggettivo ma è richiesta la massima obiettività. Mediante questo approccio visivo, si organizzano le informazioni in modo compatto ed allo stesso tempo le si comunicano velocemente al lettore, spostando l'attenzione dalle persone al sistema, creando quindi un meccanismo destinato a non colpevolizzare nessuno ma a risalire alla causa scatenante. [3]

Nella sezione III dedicata all'obiettivo/target, si indica quale risultato specifico è richiesto: si mostra visivamente quanto, entro quando e con quale impatto (si possono usare numeri e/o percentuali per indicare miglioramenti del processo o riduzione dei costi/tempi per esempio). Un punto d'attenzione è relativo al fatto che non si deve assolutamente limitarsi a stabilire una contromisura come obiettivo. [3]

Definita la situazione attuale e gli obiettivi, si passa alla sezione IV dove troviamo l'analisi della causa radice. È molto importante la ricerca della vera ragione che ha scatenato il problema, in quanto se si commettono errori nell'attribuzione della causa del problema, esso riapparirà in futuro. Una tecnica comune è quella di

utilizzare il metodo dei “5 Perché”, dove il problem-solver si chiede più volte (indicativamente cinque per esempio) perché, in serie. L’esperienza suggerisce che fermarsi al secondo o terzo perché, non permette di trovare la vera causa radice. [3]

Ora che se hai un’idea su come svolgere le attività e se conosce la causa radice, bisogna considerare come il sistema può essere migliorato. In Toyota questi miglioramenti vengono definiti contromisure (piuttosto che soluzioni): l’obiettivo è calare l’azienda in uno stato molto vicino a quello ideale, ovvero dove il cliente è soddisfatto con il giusto prodotto, al momento più adeguato, nella quantità esatta e soprattutto senza spreco. Con queste contromisure in mente, l’autore dell’A3 disegna una tabella/diagramma degli obiettivi (ovvero come il sistema lavorerà una volta attuate le contromisure). [3]

Il piano di implementazione evidenzia gli step che devono essere fatti per raggiungere gli obiettivi: ogni singolo passaggio deve riportare la data entro cui deve essere raggiunto e chi è il responsabile dell’azione. [3]

Il follow-up indica come e quando l’autore dell’A3 misurerà i miglioramenti del sistema oppure i risultati di un test specifico. In questa sezione si dovrebbe includere un’ipotesi realistica e quantificabile delle prestazioni del nuovo sistema, basata sulla conoscenza dell’autore stesso. [3]

In conclusione, il metodo A3 funziona in quanto, al contrario di molti altri metodi di approccio a problemi aziendali, richiede innanzitutto un’identificazione dello stato attuale mediante l’analisi nel vero e proprio gemba (dal giapponese: area produttiva), senza limitarsi a rimanere nel proprio ufficio di lavoro o in qualsiasi altro ambiente aziendale a sé stante. In secondo luogo, questo approccio permette all’utilizzatore di risolvere un problema eliminandolo a partire dalla causa radice dello stesso, senza quindi optare per soluzioni temporanee di minor efficacia a lungo termine. [3]

4.3.2. A3-PS per il miglioramento continuo degli impianti

Il progetto di miglioramento continuo degli impianti di upgrading nasce come tema di sviluppo di un A3-PS, in particolare è il prodotto del “A3-PS Continuous Improvement” che si prefissa di sfruttare lo strumento Lean ponendosi come obiettivo il miglioramento continuo degli impianti di conversione del biogas in biometano, detti di Upgrading, prodotti da Pietro Fiorentini.

L’idea nasce ad inizio 2023 per necessità di sopperire alla mancata implementazione di alcune migliorie individuate da precedenti risoluzioni di problematiche in commesse in fase di funzionamento e dalla volontà di migliorare e rendere maggiormente efficiente il tasso di storicizzazione e quindi implementazione di tutte le informazioni utili a migliorare costantemente il prodotto di Upgrading, favorendo inoltre la standardizzazione del processo e del prodotto al fine di ridurre i tempi di progettazione e sviluppo, aumentare i volumi produttivi e pertanto improntare un fenomeno di economia di scala.

A3-PS Impianti Upgrading Product Improvement

Problem solving report		Theme - Thema: Impianti Upgrading - LINEA BOMTIANO		A3-PS Impianti Upgrading Product Improvement	
Background	Problem	Problem	Problem	Problem	Problem
<p>Background</p> <p>Il cliente ha richiesto un miglioramento continuo del processo di progettazione e sviluppo del prodotto di upgrading, al fine di ridurre i tempi di progettazione e sviluppo, aumentare i volumi produttivi e improntare un fenomeno di economia di scala.</p> <p>Il cliente ha richiesto un miglioramento continuo del processo di progettazione e sviluppo del prodotto di upgrading, al fine di ridurre i tempi di progettazione e sviluppo, aumentare i volumi produttivi e improntare un fenomeno di economia di scala.</p>	<p>Problem</p> <p>Il cliente ha richiesto un miglioramento continuo del processo di progettazione e sviluppo del prodotto di upgrading, al fine di ridurre i tempi di progettazione e sviluppo, aumentare i volumi produttivi e improntare un fenomeno di economia di scala.</p>	<p>Problem</p> <p>Il cliente ha richiesto un miglioramento continuo del processo di progettazione e sviluppo del prodotto di upgrading, al fine di ridurre i tempi di progettazione e sviluppo, aumentare i volumi produttivi e improntare un fenomeno di economia di scala.</p>	<p>Problem</p> <p>Il cliente ha richiesto un miglioramento continuo del processo di progettazione e sviluppo del prodotto di upgrading, al fine di ridurre i tempi di progettazione e sviluppo, aumentare i volumi produttivi e improntare un fenomeno di economia di scala.</p>	<p>Problem</p> <p>Il cliente ha richiesto un miglioramento continuo del processo di progettazione e sviluppo del prodotto di upgrading, al fine di ridurre i tempi di progettazione e sviluppo, aumentare i volumi produttivi e improntare un fenomeno di economia di scala.</p>	<p>Problem</p> <p>Il cliente ha richiesto un miglioramento continuo del processo di progettazione e sviluppo del prodotto di upgrading, al fine di ridurre i tempi di progettazione e sviluppo, aumentare i volumi produttivi e improntare un fenomeno di economia di scala.</p>
<p>Obiettivi - Target Statement</p> <p>Stendere ed implementare un piano d'azione che porti a raggiungere i seguenti obiettivi entro Giugno 2023:</p> <p>A. Assicurarsi che le modifiche individuate da processi/qualità/service siano implementate in commesse in cui è possibile e necessario farlo.</p> <p>B. Evitare che modifiche al design vengano fatte senza considerare tutti gli aspetti (safety, quality, delivery, cost).</p>		<p>Obiettivi - Target Statement</p> <p>Stendere ed implementare un piano d'azione che porti a raggiungere i seguenti obiettivi entro Giugno 2023:</p> <p>A. Assicurarsi che le modifiche individuate da processi/qualità/service siano implementate in commesse in cui è possibile e necessario farlo.</p> <p>B. Evitare che modifiche al design vengano fatte senza considerare tutti gli aspetti (safety, quality, delivery, cost).</p>			
<p>Analisi causa radice - Root Cause Analysis</p> <p>A1</p> <p>A2</p> <p>B1</p> <p>B2</p>		<p>Analisi causa radice - Root Cause Analysis</p> <p>A1</p> <p>A2</p> <p>B1</p> <p>B2</p>			
<p>Check</p> <p>Il cliente ha richiesto un miglioramento continuo del processo di progettazione e sviluppo del prodotto di upgrading, al fine di ridurre i tempi di progettazione e sviluppo, aumentare i volumi produttivi e improntare un fenomeno di economia di scala.</p>		<p>Check</p> <p>Il cliente ha richiesto un miglioramento continuo del processo di progettazione e sviluppo del prodotto di upgrading, al fine di ridurre i tempi di progettazione e sviluppo, aumentare i volumi produttivi e improntare un fenomeno di economia di scala.</p>			
<p>Follow Up</p> <p>Il cliente ha richiesto un miglioramento continuo del processo di progettazione e sviluppo del prodotto di upgrading, al fine di ridurre i tempi di progettazione e sviluppo, aumentare i volumi produttivi e improntare un fenomeno di economia di scala.</p>		<p>Follow Up</p> <p>Il cliente ha richiesto un miglioramento continuo del processo di progettazione e sviluppo del prodotto di upgrading, al fine di ridurre i tempi di progettazione e sviluppo, aumentare i volumi produttivi e improntare un fenomeno di economia di scala.</p>			
<p>Data - Date: 03/03/2023</p>		<p>Resp-Responsibile: S. Tanello</p>			

Fig. 63: versione originale dell’ “A3-PS Continuous Improvement”.

4.3.3. Stato di gestione del miglioramento continuo per le commesse di Upgrading di Pietro Fiorentini

Precedentemente all'utilizzo dell'UCI System (descritto nel paragrafo successivo), il processo di miglioramento continuo degli impianti Upgrading di Pietro Fiorentini era gestito tramite i metodi tradizionali propri del Lean Management e nello specifico della filosofia Kaizen, che, come spiegato in precedenza, prevedono l'utilizzo di strumenti per lo più visivi e cartacei, atti a tenere traccia delle problematiche occorse e delle migliorie apportabili nelle varie commesse.

Nello specifico, l'ufficio tecnico adottava la "Service Board", che consiste nella stampa in formato A0 (841 mm x 1189 mm) di rappresentazioni CAD tridimensionali degli impianti sulle quali è possibile affiggere in corrispondenza di ogni elemento dell'impianto i post-it contenenti un'annotazione utile a tener traccia della criticità o del suggerimento correlato.

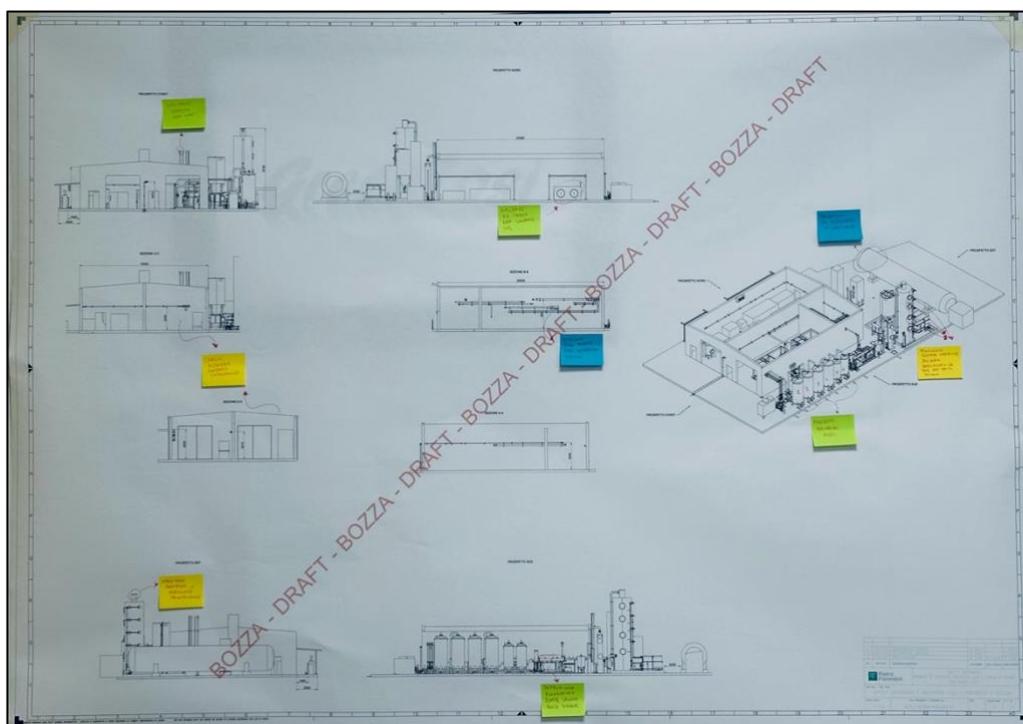


Fig. 64: Service Board per gli impianti di Upgrading.

4.4. UCI System

4.4.1. Introduzione

Il sistema di gestione e miglioramento continuo degli impianti Upgrading sviluppato è il frutto della messa in opera del “A3-PS Continuous Improvement” sviluppato dall’ufficio tecnico della divisione Biometano di Pietro Fiorentini.

Il progetto UCI, acronimo di Upgrading Continuous Improvement, costituisce lo strumento di ricezione, catalogazione, lavorazione e storicizzazione dei dati relativi a segnalazioni di problematiche o suggerimenti inerenti a tutte le fasi produttive ed esecutive delle commesse di Upgrading.

Nella sua interezza, la piattaforma rappresenta un esempio di sistema di miglioramento continuo, che si avvale delle tecniche di visual management, collaborative product innovation, total quality management, information management, knowledge management e customer feedback centricity per affinare all’approccio tradizionale uno strumento digitale sul quale basare il flusso di lavoro Kaizen in chiave moderna.

UCI System si costituisce di un database SharePoint appositamente strutturato, comunicante con tre applicazioni sviluppate attraverso Microsoft Power Apps per ricevere, assegnare priorità e prendere in carico tutte le segnalazioni, sia interne a Pietro Fiorentini che esterne, riguardanti impianti in funzione, in costruzione o in fase di progettazione. Il processo di trattamento dei dati è coadiuvato dall’implementazione di notifiche automatiche e grafici di rendimento ad aggiornamento automatico (implementati rispettivamente attraverso Microsoft Power Automate e Power BI) che permettono di velocizzare e linearizzare il flusso di lavoro per il corretto utilizzo della piattaforma nel suo complesso.

Questo con il fine ultimo di provvedere al miglioramento continuo del prodotto, non solo implementando le azioni correttive e rendendo più efficiente la comunicazione con il cliente o con gli addetti in campo, ma soprattutto

catalogando e storicizzando ogni intervento migliorativo nella documentazione tecnica di riferimento. Questi documenti, definiti “master” sono stati creati come vero obiettivo del sistema, infatti, aggiornandoli costantemente con ogni modifica dell’impianto innescata dal sistema descritto, è possibile disporre di una solida ed aggiornata base di partenza per la presa in carico di ogni nuova commessa, favorendo quindi il miglioramento continuo e la standardizzazione di impianti di Upgrading.

Il risultato della messa in opera del sistema sviluppato ha permesso di migliorare sensibilmente la completezza e l’efficienza della presa in carico, della lavorazione e della concretizzazione delle risoluzioni di problematiche e delle migliorie apportabili agli impianti di conversione di biogas in biometano attraverso il coinvolgimento di figure trasversali, team multifunzionali ed in conformità con la metodologia Kaizen, integrandosi quindi a pieno nello scenario dei valori aziendali di Pietro Fiorentini.

4.4.2. SharePoint Database

4.4.2.1. Principio di funzionamento

Lo strumento si colloca nel panorama dei sistemi di collaborative innovation e information management ed è stato concepito come cardine del sistema di miglioramento continuo. SharePoint costituisce il fulcro del progetto UCI, tramite esso vengono immagazzinati, catalogati, storicizzati e resi disponibili i dati inerenti ai ticket ed alle azioni di miglioramento-prodotto.

Il flusso dei dati e delle informazioni riguardanti la gestione delle segnalazioni ricevute sfrutta la trasversalità delle applicazioni del pacchetto Microsoft Office, all'interno del quale le applicazioni Power App appositamente sviluppate (UCI ticket System, UCI Review System, UCI Product-Improvement System) fungono da strumenti di inserimento e lavorazione del flusso di dati presente in SharePoint. La seguente figura riassume schematicamente e sinteticamente il principio presentato.

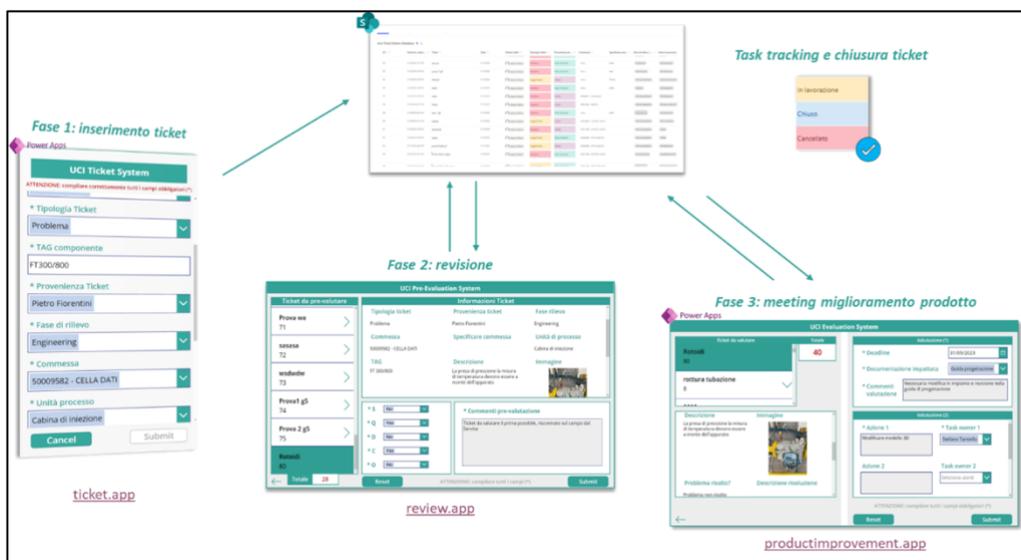


Fig. 65: principio di funzionamento del database SharePoint UCI, connesso alle applicazioni UCI Ticket System, UCI Review System, UCI Product-Improvement System.

4.4.2.2. Homepage UCI SharePoint

La homepage del sito A3 Continuous Improvement contiene tutto ciò che è necessario o può essere utile per supervisionare ed utilizzare il database UCI.

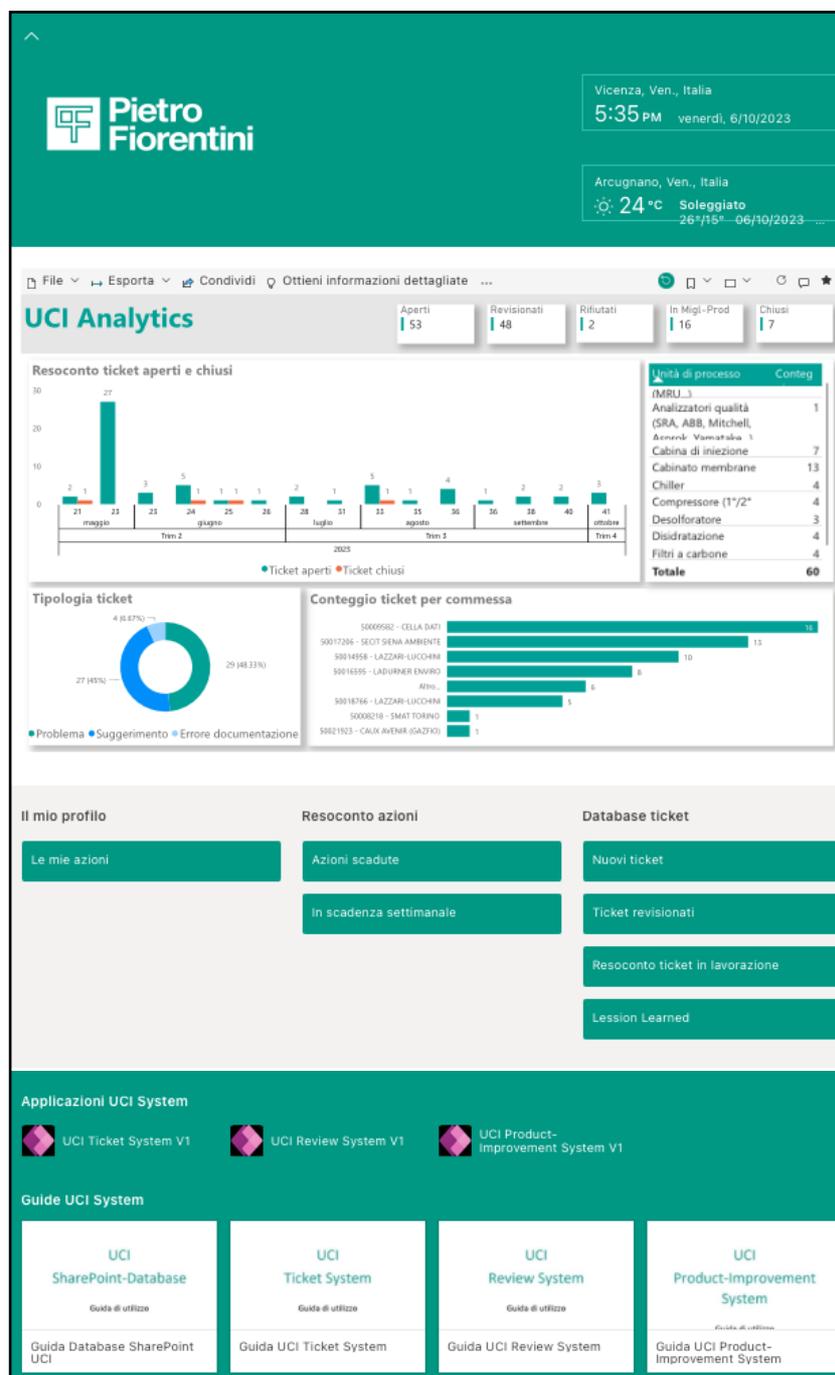


Fig. 66: homepage di SharePoint UCI.

La pagina presenta le seguenti sezioni:

- UCI Analytics:** La prima sezione della homepage UCI è dedicata ad un resoconto statistico dei ticket presenti nel database SharePoint. L'interfaccia è realizzata tramite l'applicativo Microsoft Power BI e permette di interagire con i grafici visualizzati, cliccando sui dati di interesse è infatti possibile filtrare intelligentemente la visualizzazione a piacimento per rendere più fruibile i dati. Un esempio è riportato nelle seguenti figure nelle quali viene applicato un filtro per evidenziare le statistiche relative ad una specifica settimana.

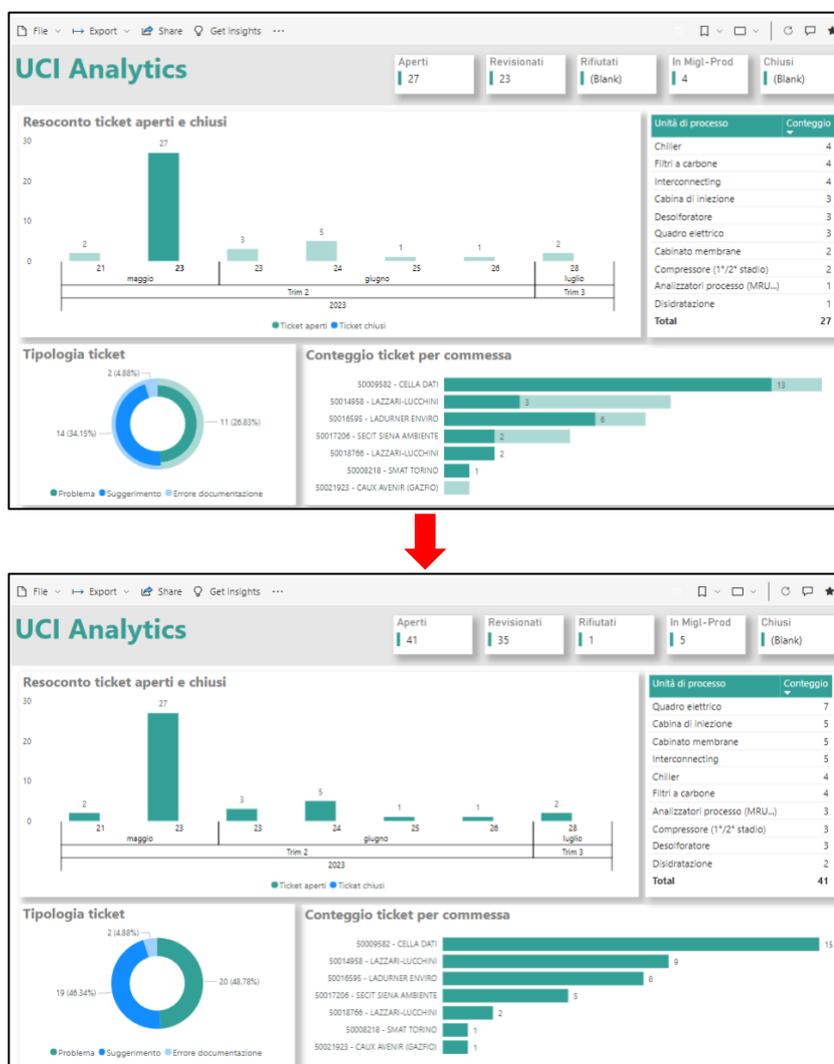


Fig. 67: UCI Analytics, esempio di filtro settimanale applicato.

- *Collegamenti ai database SharePoint UCI:* I bottini di colore blu rappresentano il collegamento diretto ai database dei ticket e delle azioni ed essi correlate presenti nella homepage. Come riportato in figura la visualizzazione è suddivisa in tre aree:

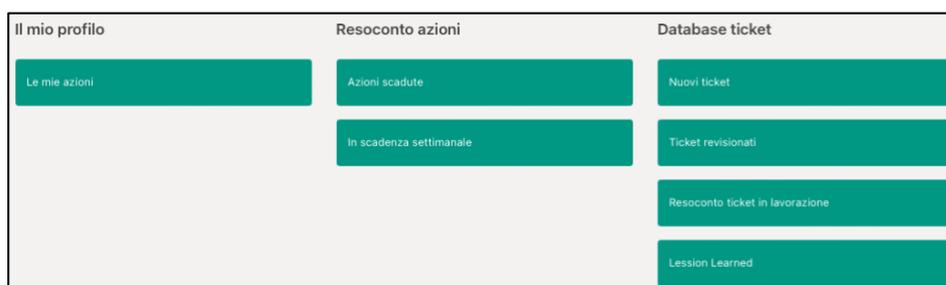


Fig. 68: Collegamenti ai database SharePoint UCI sulla homepage.

In “Il mio profilo” è possibile visualizzare tutte le informazioni delle azioni assegnate all’utenza personale.

In “Resoconto azioni” sono presenti i collegamenti alle viste dal database azioni che filtrano queste ultime per azioni con deadline precedente al giorno corrente e per azioni la cui deadline cade nella settimana lavorativa corrente.

All’interno di “Database ticket” vengono riportati invece i collegamenti al database ticket, che filtrano le segnalazioni presenti con il seguente criterio: “Nuovi ticket” per i ticket non ancora revisionati; “Ticket revisionati” per i ticket revisionati ma non ancora in miglioramento prodotto; “Resoconto ticket in lavorazione” per i ticket con azioni assegnate ed infine “Lesson Learned” per i ticket chiusi.

- *Collegamenti alle applicazioni Power App UCI:* Nella sezione dedicata alle applicazioni UCI di Power Apps è possibile trovare i collegamenti alle tre interfacce grafiche sviluppate per l'immissione e gestione dei dati relativi ai ticket ed alle azioni ad essi correlate.

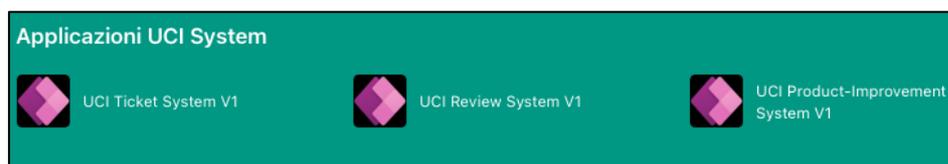


Fig. 69: Collegamenti alle applicazioni Power App UCI sulla homepage.

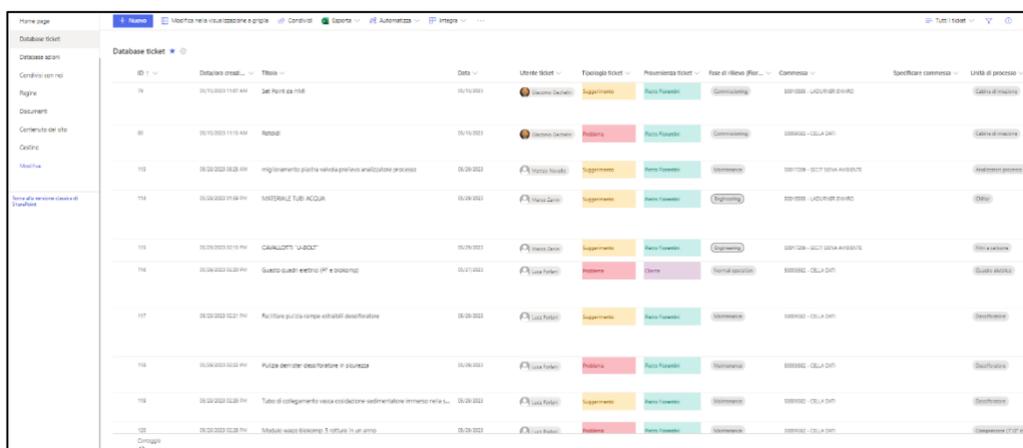
- *Guide di utilizzo del sistema UCI:* In questa sezione vengono riportati i documenti guida per l'utilizzo del database e delle applicazioni del sistema UCI. Ogni guida è disponibile per la consultazione e download in formato pdf.



Fig. 70: Collegamenti alle applicazioni Power App UCI sulla homepage.

4.4.2.3. Database ticket

Il database ticket di SharePoint UCI costituisce il centro di raccolta, catalogazione e storicizzazione delle segnalazioni immesse, revisionate ed implementate tramite le applicazioni del sistema UCI. Questo strumento risulta connesso con tutti gli applicativi UCI e si aggiorna in tempo reale ogni qualvolta venga creato o modificato un ticket.



ID	Data	Titolo	Utente ticket	Tipologia ticket	Previdenza ticket	Fase di lavoro (Rit...)	Commissa	Specificare commessa	Unità di processo
74	05/10/2023 11:01 AM	Sel April da 1918	05/10/2023	Problema tecnico	Suggerimento	Non Pausato	Completato	001008 - LACIPIRE DIVIC	Catena di comando
85	05/10/2023 11:10 AM	Notizie	05/10/2023	Problema tecnico	Problema	Non Pausato	Completato	001002 - CELLA DPT	Catena di comando
110	05/20/2023 10:20 AM	inglobamento pianta vettura postivo analizzatore arnesco	05/20/2023	Problema tecnico	Suggerimento	Non Pausato	Completato	001708 - SOLT SERVA ANNESO	Analizzatore processo SOLT
114	05/20/2023 07:50 PM	MATERIALE TUBI ACQUA	05/20/2023	Problema tecnico	Suggerimento	Non Pausato	Completato	001008 - LACIPIRE DIVIC	Chiedi
115	05/20/2023 07:15 PM	CAVALLOTTI "LA BOLT"	05/20/2023	Problema tecnico	Suggerimento	Non Pausato	Completato	001708 - SOLT SERVA ANNESO	Non a vista
116	05/20/2023 03:20 PM	Guasto quattro elettro IPF a 20007102	05/20/2023	Problema tecnico	Problema	Non Pausato	Completato	001002 - CELLA DPT	Chiedi pratica
117	05/20/2023 02:21 PM	Facilitare pulizia sempre esternali desinfezionate	05/20/2023	Problema tecnico	Suggerimento	Non Pausato	Completato	001002 - CELLA DPT	Completato
118	05/20/2023 02:02 PM	Pulizia sempre esternali in sicurezza	05/20/2023	Problema tecnico	Problema	Non Pausato	Completato	001002 - CELLA DPT	Chiedi pratica
119	05/20/2023 02:00 PM	Tubo di collegamento vasca collezione sedimentazione immerso nella L...	05/20/2023	Problema tecnico	Suggerimento	Non Pausato	Completato	001002 - CELLA DPT	Completato
120	05/20/2023 02:00 PM	Modulo sasso Brindang 3.000 litri in un anno	05/20/2023	Problema tecnico	Problema	Non Pausato	Completato	001002 - CELLA DPT	Completato 27/07/2024

Fig. 71: esempio di visualizzazione del database ticket di SharePoint UCI.

La struttura del database prevede la catalogazione di ogni ticket immesso nel sistema attraverso un identificativo (ID) proprietario e non modificabile, al quale sono annessi tutti i campi di informazioni presenti in UCI Ticket System ed altre categorie di classificazione delle segnalazioni presenti negli altri applicativi del sistema UCI.

Ogni ticket risulta quindi storicizzato come un insieme di campi di varia natura (numerici, di testo, a selezione multipla, ecc...) associati ad un identificativo (ID) univoco e questo permette di poter creare delle visualizzazioni adatte ad ogni tipo di esigenza di fruizione del database. Selezionando l'opzione "Cambia le opzioni di visualizzazione" evidenziata nella seguente figura, è possibile accedere alle varie visualizzazioni create, ognuna delle quali costituisce una vista semplificata del database, filtrata a seconda di criteri atti ad evidenziare gli aspetti desiderati.

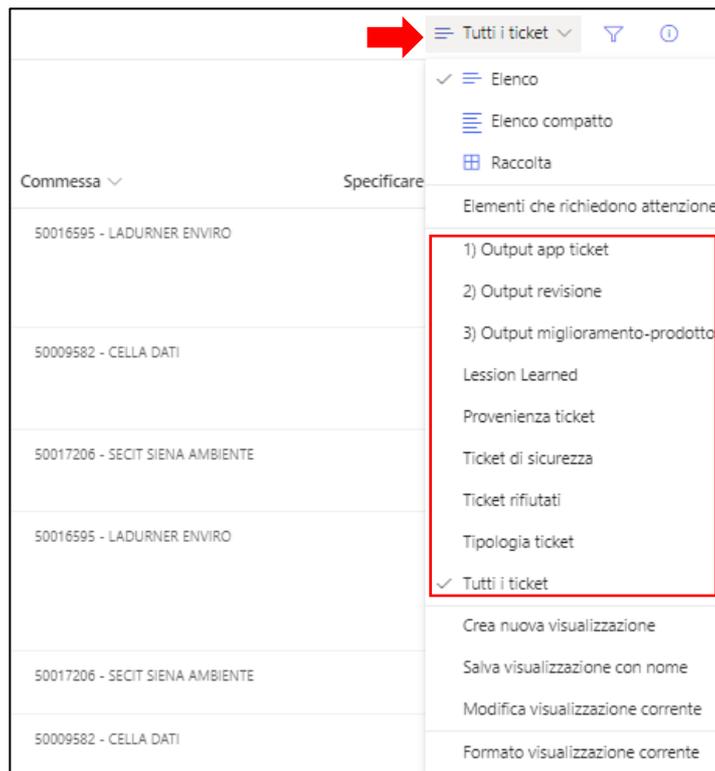


Fig. 72: visualizzazioni del database ticket di SharePoint UCI.

Di seguito vengono riportate le varie viste con la spiegazione della loro logica di filtrazione e raggruppamento dei ticket.

- *Tutti i ticket*: questa è la visualizzazione predefinita, che illustra tutti i ticket presenti nel sistema senza alcun filtro applicato.
- *Output app ticket*: questa visualizzazione evidenzia solamente i ticket ricevuti tramite UCI Ticket system e non ancora revisionati.
- *2) Output revisione*: questa visualizzazione evidenzia solamente i ticket già revisionati tramite UCI Review System ma non ancora utilizzati in UCI Product-Improvement System.
- *Lesson Learned*: questa visualizzazione evidenzia i ticket catalogati come chiusi ai fini semplificare la visualizzazione dello storico delle segnalazioni archiviate.

- *Provenienza ticket*: questa visualizzazione raggruppa i ticket catalogandoli a seconda della sorgente (Cliente o Pietro Fiorentini).
- *Ticket di sicurezza*: questa visualizzazione mette in evidenza solamente i ticket catalogati come inerenti alla sicurezza.
- *Ticket rifiutati*: visualizzazione che illustra i ticket rifiutati durante la fase di revisione.
- *Tipologia ticket*: questa visualizzazione raggruppa i ticket categorizzandoli a seconda della loro tipologia (problema, suggerimento o errore di documentazione).

Riguardo invece la chiusura del ticket, questa richiede il completamento di tutte le azioni correlate alla segnalazione e il controllo manuale della loro corretta implementazione, oltre all'aggiornamento della documentazione master coinvolta. Una volta soddisfatti entrambi questi prerequisiti il ticket viene catalogato come chiuso ed inserito nella visualizzazione di Lesson Learned.

ID	Titolo	Documentazione impat...	Commenti val...	Completamen...	Check azioni ...	Status ticket
Status ticket - No (9)						
116	Guasto quadri elettrici (PF e biokomp)	Guida progettazione	Follow up necessario per definire azioni successive.	No	No	No
118	Pulizia demister desolfatore in sicurezza	Guida progettazione Check list - model review	La prossima pulizia del desolfatore di Cella Dati sarà entro fine giugno.	No	No	No

(a)

ID	Titolo	Documentazione impat...	Commenti val...	Completamen...	Check azioni ...	Status ticket
Status ticket - Chiuso (7)						
169	Acqua sala quadri membrane	Documentazione commessa Guida progettazione Check list - model review	Causa-radice da identificare, azione da definire	Yes	Yes	Chiuso
173	Sala quadri porte contro flusso uscita	Guida progettazione	/	Yes	Yes	Chiuso
158	Mancano energy meter il L&L, scelti e forse ladurn-	Guida progettazione	Aggiungere alla guida di progettazione la logica di installazione degli energy meter	Yes	Yes	Chiuso

(b)

Fig. 73: esempio di ticket non chiusi (a) e di ticket chiusi (b).

4.4.2.4. Database azioni

Il database azioni di SharePoint UCI costituisce il centro di creazione, raccolta, catalogazione e storicizzazione delle azioni assegnate ad una o più utenze tramite le applicazioni del sistema UCI. Questo strumento risulta connesso con tutti gli applicativi UCI e si aggiorna in tempo reale ogni qualvolta venga creata o modificata un'azione.

ID	Owner azione	Descrizione azione	Riferimento ticket	Titolo ticket	Data/ora creati	Deadline	Percentuale completamento azione	Stato azione
Riferimento ticket: 150 (4)								
11		Creazione di codici per componenti gruppi	150	Impianto 150	14/12/18	04/03/2019	100%	Done
12		Aggiornare guide & procedure interne	150	Impianto 150	14/12/18	05/04/2019	0%	In lavorazione
13		Aggiornare UCI sistema con documentazione interna	150	Impianto 150	14/12/18	05/04/2019	0%	In lavorazione
14		Addebi. procedure	150	Impianto 150	14/12/18	05/04/2019	0%	In lavorazione
Riferimento ticket: 159 (7)								
17		Revisione di cartelle	159	Acciaio sala quadri membrana	14/12/18	04/03/2019	100%	Done
18		Forme ed implementazione UCI	159	Acciaio sala quadri membrana	14/12/18	04/03/2019	100%	Done
19		Aggiornare UCI sistema	159	Acciaio sala quadri membrana	14/12/18	04/03/2019	0%	In lavorazione
20		Aggiornamenti procedura UCI	159	Acciaio sala quadri membrana	14/12/18	04/03/2019	0%	In lavorazione
21		Forme ed UCI	159	Acciaio sala quadri membrana	14/12/18	04/03/2019	0%	In lavorazione
22		Aggiornare procedure per ticket a UCI	159	Acciaio sala quadri membrana	14/12/18	04/03/2019	0%	In lavorazione
23		Modificare numeri di UCI in ticket	159	Acciaio sala quadri membrana	14/12/18	05/04/2019	0%	In lavorazione

Fig. 74: esempio di visualizzazione del database azioni di SharePoint UCI.

Il database prevede una catalogazione delle azioni attraverso l'assegnazione di un identificativo (ID) proprietario e non modificabile a ciascuna di esse. Ogni azione risulta correlata al ticket di riferimento ed è necessario specificare per ognuna i seguenti campi:

- Ticket di riferimento
- Descrizione azione
- Owner azione
- Deadline di completamento

Selezionando l'opzione "Cambia le opzioni di visualizzazione" evidenziata nella seguente figura è possibile accedere alle varie visualizzazioni create, ognuna delle quali costituisce una vista semplificata del database, filtrata a seconda di criteri atti ad evidenziare gli aspetti desiderati.

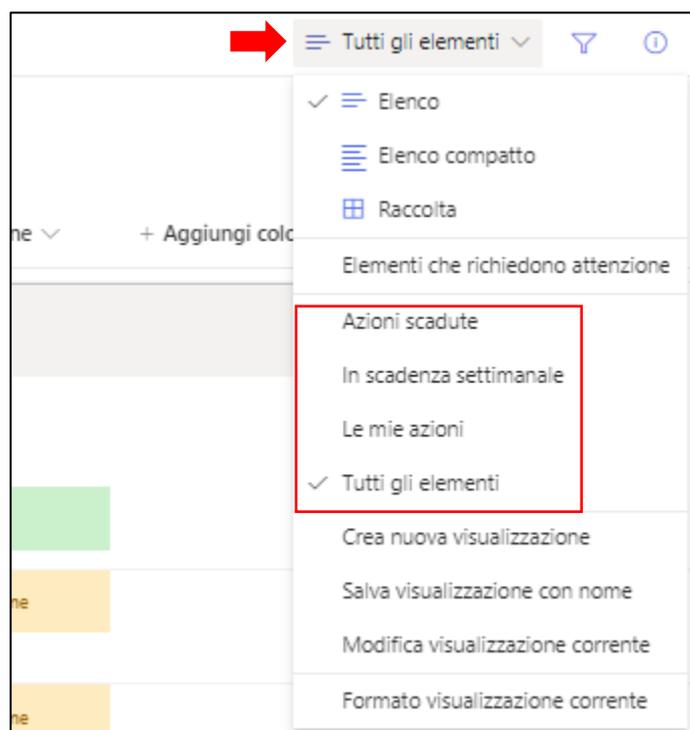


Fig. 75: visualizzazioni del database azioni di SharePoint UCI.

Di seguito vengono riportate le varie viste con la spiegazione della loro logica di filtrazione e raggruppamento delle azioni.

- **Tutti gli elementi:** questa è la visualizzazione predefinita, che illustra tutte le azioni presenti nel sistema senza alcun filtro applicato.
- **Le mie azioni:** questa visualizzazione permette di visualizzare le sole azioni assegnate all'utente personale di chi sta consultando il database.
- **In scadenza settimanale:** questa visualizzazione permette di evidenziare le azioni con deadline di completamento prevista entro sette giorni.
- **Azioni scadute:** questa visualizzazione evidenzia le azioni con una deadline scaduta.

Il database azioni funge anche come alternativa all'assegnazione di queste tramite UCI Product-Improvement System, infatti, è possibile assegnare le azioni direttamente dal database SharePoint (per i soli soggetti abilitati alla modifica del database) attraverso la seguente procedura:

- Cliccare sul pulsante in alto a sinistra “Nuovo”.



Fig. 76: primo step per generare una nuova azione dal database azioni UCI.

- Completare i campi indicati.

A screenshot of a form for creating a new action. The form is displayed in a window with a title bar containing 'Salva', 'Annulla', and 'Copia collegamento'. The form has several sections, each with a plus sign icon and a title: 'Riferimento ticket' with a dropdown menu containing 'Trova elementi'; 'Titolo ticket' with a text input field; 'Descrizione azione' with a large text area; 'Owner azione' with a dropdown menu containing 'Trova elementi'; and 'Deadline' with a date input field containing '30/08/2023' and a calendar icon.

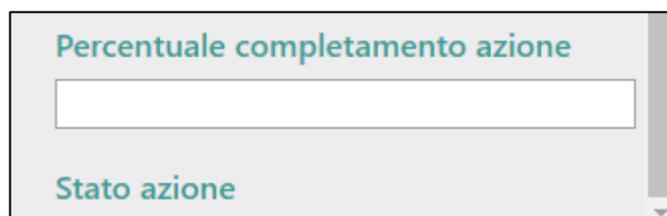
Fig. 77: secondo step per generare una nuova azione dal database azioni UCI.

- Cliccare sulla voce “Salva” in alto a destra per salvare i dati inseriti e creare l’azione.



Fig. 78: terzo step per generare una nuova azione dal database azioni UCI.

Inoltre, è possibile aggiornare e monitorare lo stato di avanzamento delle azioni presenti nel database modificando la percentuale di completamento, inserendo un valore compreso tra 0 (azione non iniziata) ed 1 (azione portata a termine).



The image shows a web form with a light gray background. At the top, the text "Percentuale completamento azione" is displayed in a teal font. Below this text is a white rectangular input field. At the bottom of the form, the text "Stato azione" is displayed in a teal font, with a small downward-pointing arrow to its right, indicating a dropdown menu.

Fig. 79: dettaglio del campo ad inserimento della percentuale di completamento azione nel database azioni UCI.

L'aggiornamento dello stato di avanzamento comporta l'automatica modifica della barra di completamento e del passaggio alla voce "Chiusa" per ogni azione con percentuale unitaria di completamento (Valore 1 o 100%).

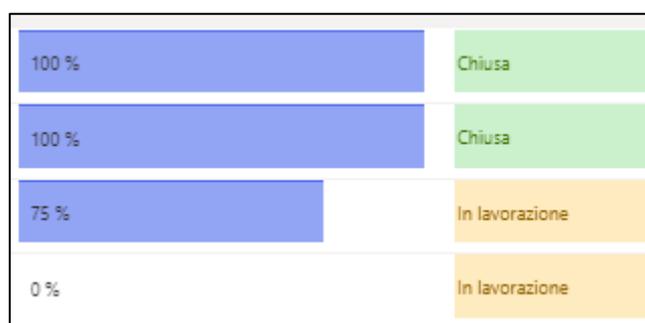


Fig. 80: esempio di azioni completate e di azioni in lavorazione nel database azioni UCI.

4.4.3. Raccolta dati: UCI Ticket System

4.4.3.1. Introduzione

UCI Ticket System costituisce la sorgente di segnalazione di problemi e suggerimenti riguardanti gli impianti di Upgrading di Pietro Fiorentini. Lo strumento è ideato come customer feedback system, tramite il quale veicolare il flusso di dati di miglioramento continuo dal cliente o addetto alla gestione degli impianti e l'ufficio tecnico della divisione Biometano di Pietro Fiorentini.

L'applicazione è accessibile ai clienti autorizzati e a tutti gli utenti con dominio @fiorentini.com, che accedendovi possono comunicare in modo rapido ed efficiente la necessità di risoluzione di una problematica o non perdere traccia di una possibile miglioria da implementare negli impianti. Ogni indicazione viene successivamente vagliata dalla divisione Biometano che provvede alla risoluzione del ticket attraverso il flusso di lavoro dell'UCI System.

The image displays two side-by-side screenshots of the UCI Ticket System application. The left screenshot shows the login page with the title 'UCI Ticket System', the Pietro Fiorentini logo, an aerial view of industrial tanks, the text 'Benvenuto!', and a 'Nuovo Ticket' button. The right screenshot shows the registration form with the title 'UCI Ticket System' and a warning: 'ATTENZIONE: compilare correttamente tutti i campi obbligatori (*)'. The form includes the following fields: '* Titolo' (text input), '* Data' (date picker showing 29/05/2023), '* Utente Ticket' (dropdown menu showing 'Alberto Toffolo'), '* Tipologia Ticket' (dropdown menu showing 'Seleziona'), '* TAG componente' (text input), and '* Provenienza Ticket' (dropdown menu showing 'Seleziona'). At the bottom of the form are 'Cancel' and 'Submit' buttons.

Fig. 81: applicazione UCI Ticket System.

Lo strumento è stato creato attraverso Microsoft Power App ed è accessibile scaricando l'applicazione per dispositivi mobile Microsoft Power App, installando su Microsoft Teams UCI Ticket System o consultando la pagina web UCI.ticket.app

4.4.3.2. Logica dei campi di compilazione

L'applicazione si presenta come uno strumento di report tramite campi ad inserimento specificatamente creati per la corretta catalogazione delle informazioni. UCI Ticket System è basata su una precisa logica che prevede la visualizzazione a schermo dei soli campi relativi alle scelte fatte nell'inserimento del ticket; è pertanto necessario immettere le informazioni seguendo l'ordine dei campi di inserimento presenti. Di seguito viene riportato lo schema logico dei campi di inserimento:

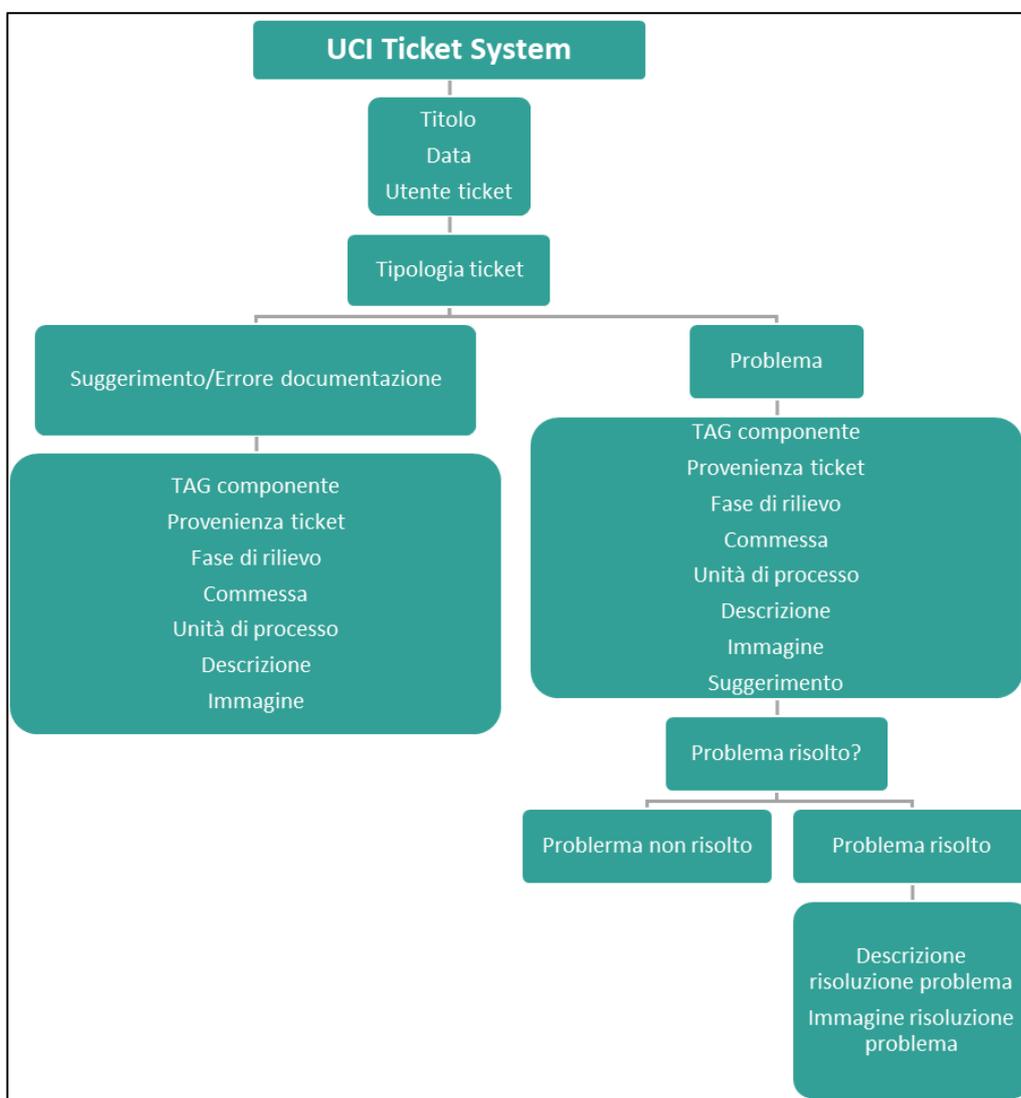


Fig. 82: logica dei campi di compilazione di UCI Ticket System.

4.4.3.3. Descrizione dettagliata dei campi ad inserimento

- *Titolo*: campo di compilazione obbligatorio di testo che non è soggetto a particolari restrizioni, si consiglia tuttavia di rimanere più sintetici possibile ed approfondire successivamente la descrizione nell'apposito campo.



Fig. 83: UCI Ticket System, campo ad inserimento “Titolo”.

- *Data*: campo di compilazione obbligatorio in cui è preimpostata la data di creazione del ticket. Se nota, è consigliato inserire la data attribuibile all'occorrenza per la quale è stato generato il ticket.



Fig. 84: UCI Ticket System, campo ad inserimento “Data”.

- *Utente ticket*: campo di compilazione obbligatorio da completare con l'inserimento dell'account dell'utente Pietro fiorentini intento nella creazione del ticket.



Fig. 85: UCI Ticket System, campo ad inserimento “Utente ticket”.

- *Tipologia ticket*: campo di compilazione obbligatorio a scelta.
 - a) Suggerimento: inserire questa voce se il ticket è legato a suggerimenti migliorativi per l'impianto di una precisa commessa o per modifiche apportabili al processo stesso di Upgrading.

- b) Errore documentazione: inserire questa voce se il ticket riguarda un errore da correggere in un documento master o relativo ad una determinata commessa.
- c) Problema: inserire questa voce se il ticket è legato a problematiche occorse o possibilmente occorrenti che hanno comportato o possono comportare un fermo impianto.

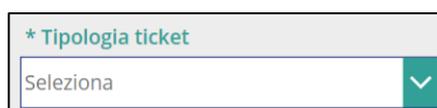


Fig. 86: UCI Ticket System, campo ad inserimento “Tipologia ticket”.

- *TAG componente*: campo di compilazione obbligatorio in cui è necessario inserire il TAG identificativo del componente o dei componenti coinvolti nella segnalazione. In assenza di un TAG specifico è possibile inserire una breve indicazione dell’oggetto del ticket (es: “pompa da vuoto”, ecc...).

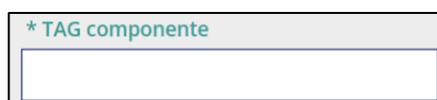


Fig. 87: UCI Ticket System, campo ad inserimento “TAG componente”.

- *Provenienza ticket*: campo di compilazione obbligatorio in cui specificare se la segnalazione del ticket è nata da un utente interno o da un cliente di Pietro Fiorentini.

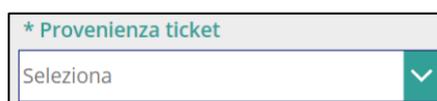


Fig. 88: UCI Ticket System, campo ad inserimento “Provenienza ticket”.

- *Fase di rilievo*: campo di compilazione obbligatorio da completare con l’inserimento della fase progettuale o esecutiva durante la quale è insorta l’esigenza di segnalazione via ticket.

A screenshot of a web form element. It features a header bar with the text '* Fase di rilievo' in blue. Below the header is a white input field containing the placeholder text 'Seleziona'. To the right of the input field is a green downward-pointing arrow icon, indicating a dropdown menu.

Fig. 89: UCI Ticket System, campo ad inserimento “Fase di rilievo”.

- *Commessa*: campo di compilazione obbligatorio nel quale inserire la commessa a cui fa riferimento il ticket. Nel caso non fosse presente selezionare la voce “Altro...” e specificare nel campo di testo che comparirà “Specificare commessa” la commessa di riferimento.

A screenshot of a web form element. It features a header bar with the text '* Commessa' in blue. Below the header is a white input field containing the placeholder text 'Trova elementi'. To the right of the input field is a green downward-pointing arrow icon, indicating a dropdown menu.

Fig. 90: UCI Ticket System, campo ad inserimento “Commessa”.

- *Unità di processo*: campo di compilazione obbligatorio da completare con l’unità di processo dell’impianto di Upgrading a cui fa riferimento il ticket.

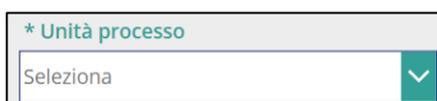
A screenshot of a web form element. It features a header bar with the text '* Unità processo' in blue. Below the header is a white input field containing the placeholder text 'Seleziona'. To the right of the input field is a green downward-pointing arrow icon, indicating a dropdown menu.

Fig. 91: UCI Ticket System, campo ad inserimento “TAG componente”.

- *Descrizione*: campo di compilazione obbligatorio nel quale inserire una accurata descrizione del motivo della segnalazione al fine di fornire la panoramica più completa possibile sull’occorrenza del ticket. Eventuali suggerimenti possono essere inseriti nell’apposito campo che si troverà in seguito.

Fig. 92: UCI Ticket System, campo ad inserimento “Descrizione”.

- *Immagine*: campo di compilazione facoltativo destinato al caricamento di un’immagine che sia rappresentativa del motivo della segnalazione.

Fig. 93: UCI Ticket System, campo ad inserimento “Immagine”.

- *Suggerimento*: campo di compilazione facoltativo presente solamente se nel campo “Tipologia ticket” è stata selezionata la voce “Problema”. Campo di compilazione nel quale immettere eventuali suggerimenti sulla possibile risoluzione della problematica occorsa.

Fig. 94: UCI Ticket System, campo ad inserimento “Suggerimento”.

- *Problema risolto?*: campo di compilazione obbligatorio presente solamente se nel campo “Tipologia ticket” è stata selezionata la voce “Problema”. Campo di compilazione a scelta:
 - a) Problema risolto: selezionare la voce nel caso il problema sia stato momentaneamente o definitivamente risolto.
 - b) Problema non risolto: selezionare la voce nel caso il problema non sia stato ancora risolto.

A screenshot of a dropdown menu. The title is '* Problema risolto?' in teal. The menu is open, showing the text 'Seleziona' in a light blue font. A teal downward arrow is visible on the right side of the menu.

Fig. 95: UCI Ticket System, campo ad inserimento “Problema risolto?”.

- *Descrizione risoluzione problema:* campo di compilazione obbligatorio presente solamente se nel campo “Problema risolto?” è stata selezionata la voce “Problema risolto”. Campo di compilazione da completare con una descrizione di come sia stato momentaneamente o definitivamente risolto il problema occorso.

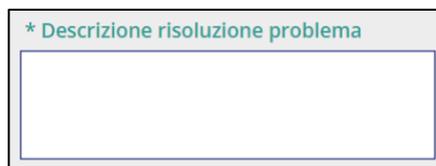
A screenshot of a text input field. The title is '* Descrizione risoluzione problema' in teal. The input area is empty and has a light blue border.

Fig. 96: UCI Ticket System, campo ad inserimento “Descrizione risoluzione problema”.

- *Immagine risoluzione problema:* campo di compilazione facoltativo presente solamente se nel campo “Problema risolto?” è stata selezionata la voce “Problema risolto”. Campo di compilazione destinato al caricamento di un’immagine che sia rappresentativa del metodo con cui è stato momentaneamente o definitivamente risolto il problema occorso.

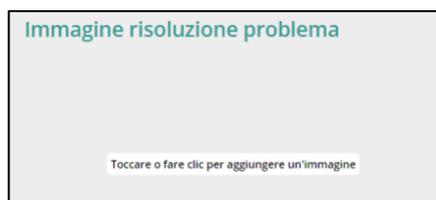
A screenshot of an image upload field. The title is 'Immagine risoluzione problema' in teal. The field is empty and has a light gray background. At the bottom, there is a small text prompt: 'Toccare o fare clic per aggiungere un'immagine'.

Fig. 97: UCI Ticket System, campo ad inserimento “Immagine risoluzione problema”.

4.4.4. Elaborazione dati: UCI Review System

4.4.4.1. Introduzione

UCI Review System costituisce lo strumento di revisione per i ticket di segnalazione di problemi e suggerimenti riguardanti gli impianti di Upgrading di Pietro Fiorentini. L'applicazione funge da piattaforma di information management e knowledge management ed è accessibile ai soli membri autorizzati della divisione Biometano, che attraverso questo strumento possono assegnare il grado di priorità con cui trattare ogni ticket nella successiva fase di assegnazione delle attività (fase di miglioramento-prodotto), al fine di chiudere ogni segnalazione partendo da quelle ritenute più importanti secondo il criterio che verrà presentato in seguito.

The image displays two screenshots of the UCI Review System application. The top screenshot is a welcome page with a teal header 'UCI Review System', the Pietro Fiorentini logo, an aerial photo of an industrial facility, the text 'Benvenuto!', and a large teal button labeled 'Inizia revisione'. The bottom screenshot shows the 'Ticket da revisionare' interface. It features a list of tickets on the left, including 'Perdita Scarico condensa Filtri cartucce biokomp 212' and 'Collaudo dello skid membrane 213'. The main area displays 'Informazioni ticket' for the selected ticket, with fields for Titolo, Utente ticket, Data, Tipologia ticket, Provenienza ticket, Fase rilievo, Commessa, Unità di processo, TAG, Descrizione, and Immagine. Below this are several dropdown menus labeled *S, *Q, *D, *C, and *O, each with a 'Seleziona' option. To the right, there is a 'Tipologia ticket' dropdown set to 'Problema', a 'Ticket rifiutato' toggle switch, and a 'Commenti revisione' text area. At the bottom, there is a 'Totale 2' indicator, a 'Reset' button, a warning 'ATTENZIONE: compilare tutti i campi (*)', and a 'Submit' button.

Fig. 98: applicazione UCI Review System.

Lo strumento è stato creato attraverso Microsoft Power App ed è accessibile scaricando l'applicazione per dispositivi mobile Microsoft Power App, installando su Microsoft Teams UCI Review System o consultando la pagina web [UCI.review.app](https://uci.review.app)

4.4.4.2. Principio di funzionamento

Il funzionamento dell'applicazione di revisione dei ticket ricevuti si basa sul principio di assegnazione di un accurato grado di priorità ad ognuno di essi per permettere di prendere in carico le segnalazioni secondo l'importanza a loro attribuita tramite il criterio scelto che viene presentato in seguito.

L'interfaccia prevede l'accesso a tutti i ticket da revisionare attraverso una colonna di selezione posta sulla sinistra (riquadro blu) con annessa una finestra nella quale viene riportato il contenuto della segnalazione selezionata (riquadro verde), mentre nella parte inferiore sono collocati i due campi ad inserimento (riquadro rosso) che permettono, una volta completati, di assegnare il criterio di prioritizzazione e catalogare correttamente il ticket per la fase successiva di miglioramento-prodotto.

The screenshot displays the 'UCI Review System' interface. On the left, a list of tickets to be reviewed is shown, with the first one selected: 'Perdita Scarico condensa Filtri cartucce biokomp 212'. The main area shows the details of this ticket, including the title, user (Luca Forlani), date (13/09/2023), and various classification criteria like 'Tipologia ticket' (Problema) and 'Unità di processo' (Compressore). At the bottom, a form allows for assigning criteria and priorities, with fields for 'S' (Safety), 'Q' (Quality), 'D' (Delivery), and 'C' (Cost), each with a dropdown menu. A 'Ticket rifiutato' toggle is also present. The bottom bar shows a 'Totale 2' indicator, a 'Reset' button, and a 'Submit' button, along with a warning: 'ATTENZIONE: compilare tutti i campi (*)'.

Fig. 99: dettaglio schermata di UCI Review System.

4.4.4.3. Logica dei campi di assegnazione della priorità

L'applicazione si presenta come uno strumento di report tramite campi ad inserimento specificatamente creati per la corretta catalogazione delle informazioni. I campi di compilazione di questa applicazione sono dedicati ad una prima valutazione dei ticket ricevuti.

La logica di valutazione si basa innanzitutto sul metodo "SQDCO" secondo il quale è possibile distinguere cinque macroaree di possibile impatto per ogni tipo di segnalazione ricevuta. Di seguito vengono riportate le macroaree e la relativa spiegazione di ognuna.



The image shows a vertical list of five dropdown menus. Each menu is preceded by an asterisk and a letter: *S, *Q, *D, *C, and *O. The text 'Seleziona' is displayed inside each dropdown box, and a small downward-pointing arrow is visible on the right side of each box.

Fig. 100: Logica di valutazione "SQDCO".

SAFETY (S)	Da selezionare se il ticket impatta o può impattare la sicurezza di impianto
QUALITY (Q)	Da selezionare se il ticket impatta o può impattare la qualità di impianto
DELIVERY (D)	Da selezionare se il ticket impatta o può impattare la consegna di impianto
COST (C)	Da selezionare se il ticket impatta o può impattare il costo di impianto
ORIGINALITY(O)	Selezionare se il suggerimento del ticket è considerabile come originale

L'attribuzione ad una di queste macroaree attribuisce un punteggio cumulato al ticket in modo tale da rendere oggettivo il valore della segnalazione e da prioritizzarne la presa in carico. La metrica impostata è la seguente:

SAFETY (S)	10 pt
QUALITY (Q)	5 pt
DELIVERY (D)	3 pt
COST (C)	1 pt
ORIGINALITY(O)	0,5 pt

Una volta assegnato il valore “Si” o “No” a ciascuna macroarea è necessario assegnare anche le specifiche tipologie di Safety, Quality e Delivery al fine di prioritizzare in modo ancora più minuzioso le segnalazioni ricevute. Di seguito vengono riportate le tipologie delle tre macroaree sopracitate e la relativa spiegazione di ognuna.



The image shows a form with three sections, each with a title and a dropdown menu. The first section is titled '* Tipologia Safety' and has a dropdown menu with the text 'Seleziona' and a downward arrow. The second section is titled '* Tipologia Quality' and has a dropdown menu with the text 'Seleziona' and a downward arrow. The third section is titled '* Tipologia Delivery' and has a dropdown menu with the text 'Seleziona' and a downward arrow.

Fig. 101: Tipologie di Safety, Quality e Delivery.

TIPOLOGIE DI SAFETY	
Funzionamento	Da selezionare se il ticket riguarda un problema di sicurezza durante il corretto funzionamento dell'impianto
Guasto	Da selezionare se il ticket riguarda un problema di sicurezza che ha portato ad un guasto dell'impianto
Manutenzione	Da selezionare se il ticket riguarda un problema di sicurezza che impatta la fase di manutenzione dell'impianto
TIPOLOGIE DI QUALITY	
Performance	Da selezionare se il ticket riguarda una segnalazione inerente alla qualità della performance dell'impianto in funzione
Avviamento	Da selezionare se il ticket riguarda una segnalazione inerente ad aspetti qualitativi della fase di avviamento dell'impianto
Montaggio	Da selezionare se il ticket riguarda una segnalazione inerente ad aspetti qualitativi della fase di montaggio dell'impianto
Manutenzione	Da selezionare se il ticket riguarda una segnalazione inerente ad aspetti qualitativi della fase di manutenzione dell'impianto
Documenti	Da selezionare se il ticket riguarda una segnalazione inerente alla documentazione di commessa dell'impianto
TIPOLOGIE DI DELIVERY	
Approvvigionamento	Da selezionare se il ticket riguarda una segnalazione che intacca le tempistiche di approvvigionamento del materiale richiesto per la realizzazione dell'impianto
Gestione	Da selezionare se il ticket riguarda una segnalazione che intacca le tempistiche di gestione interna dell'impianto (calcolate dalla ricezione del materiale a prima della spedizione in campo dell'impianto)
Spedizione	Da selezionare se il ticket riguarda una segnalazione che intacca le tempistiche di spedizione dell'impianto (calcolate da quando l'impianto è pronto per essere spedito in campo a quando arriva in campo)

La metrica di valutazione imposta garantisce il rispetto dei vincoli relativi di priorità delle macroaree SQDCO ed in particolare assicura che le segnalazioni impattanti sull'ambito di sicurezza di impianto abbiano sempre la massima

priorità. Con l'implementazione dell'assegnazione delle tipologie di Safety, Quality e Delivery è inoltre possibile prioritizzare i ticket a parità di criterio SQDCO, in modo tale da affinare ulteriormente l'accuratezza con la quale le segnalazioni devono essere prese in carico.

4.4.4.4. Descrizione dettagliata dei campi ad inserimento aggiuntivi

I restanti campi di compilazione presenti nell'interfaccia sono destinati all'aggiunta di un commento riguardante le scelte di prioritizzazione e all'eventuale modifica o rifiuto della segnalazione in analisi.

- *Commento revisione:* In questa sezione è necessario inserire obbligatoriamente un commento sulla motivazione e sul ragionamento che ha guidato la selezione dei parametri SQDCO.

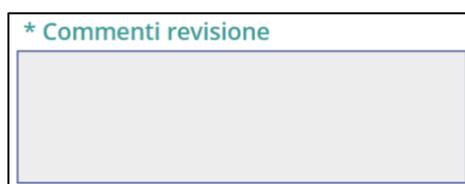


Fig. 102: UCI Review System, campo ad inserimento "Commenti revisione".

- *Tipologia ticket:* Questo campo obbligatorio è dedicato alla possibile modifica della tipologia della segnalazione in esame nel caso in cui la scelta di chi ha emesso il ticket non corrispondesse con l'idea dei revisori.

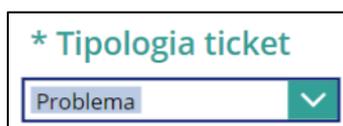


Fig. 103: UCI Review System, campo ad inserimento "Tipologia ticket".

- *Ticket rifiutato:* Questo campo è facoltativo e permette, se selezionato, di catalogare come rifiutato il ticket in analisi e quindi di non avanzarlo alla fase successiva di miglioramento-prodotto.



Fig. 104: UCI Review System, campo ad inserimento "Ticket rifiutato".

4.4.5. Elaborazione dati: UCI Product-Improvement System

4.4.5.1. Introduzione

UCI Product-Improvement System costituisce lo strumento di trattamento delle segnalazioni di problemi e suggerimenti riguardanti gli impianti di Upgrading di Pietro Fiorentini. L'applicazione è accessibile ai soli membri autorizzati della divisione Biometano, che attraverso questo decision support system possono assegnare le azioni correttive e preventive per la chiusura di ogni ticket, rispettando l'ordine di priorità per la presa in carico preventivamente instaurato attraverso l'applicazione di revisione.

The image displays two screenshots of the UCI Product-Improvement System interface.

The top screenshot is a welcome screen with a teal header "UCI Product-Improvement System". Below the header is the Pietro Fiorentini logo (a stylized 'F' in a square) and an aerial photograph of an industrial facility with several large white storage tanks. Below the photo, the text "Benvenuto!" is displayed in teal, followed by a teal button labeled "Inizia fase miglioramento prodotto".

The bottom screenshot shows a dashboard with a teal header "UCI Product-Improvement System". On the left, there is a "Ticket revisionati" section with a "Totale" of 30. Below this, there are two filterable lists: "Sala quadri porte contro flusso uscita" (173 items) and "Valvole mancanti in diba commessa Francese" (149 items). A table below these lists shows ticket details:

Titolo	Data
Sala quadri porte contro flusso uscita	16/06/2023
Utente ticket	Tipologia ticket
Giacomo Gechelin	Suggerimento
Provenienza ticket	Fase rilievo

Below the table are five filter buttons: * S (Yes/No), * Q (Yes/No), * D (No/Yes), * C (No/Yes), and * O (No/Yes). On the right side of the dashboard, there are several input fields: "* Commenti valutazione", "* Riferimento ticket" (with a dropdown menu), "* Descrizione azione" (with a text area), and "* Documentazione impattata" (with a dropdown menu). There are also buttons for "Reset azione", "Invia azione", "Reset", and "Submit". At the bottom right, a red warning message reads: "ATTENZIONE: compilare tutti i campi obbligatori (*)".

Fig. 105: applicazione UCI Product-Improvement System.

Lo strumento è stato creato attraverso Microsoft Power App ed è accessibile scaricando l'applicazione per dispositivi mobile Microsoft Power App, installando su Microsoft Teams UCI Product-Improvement System o consultando la pagina web UCI.prod-imp.app

4.4.5.2. Principio di funzionamento

Il funzionamento dell'applicazione di miglioramento prodotto si basa sul principio di selezione dei ticket precedentemente prioritizzati nel meeting di revisione, tali ticket appaiono filtrati ed ordinati secondo la logica di revisione nella galleria di selezione in alto a destra e le informazioni ad essi correlate vengono visualizzate nel campo sottostante come mostrato in figura nei riquadri rossi. In blu vengono riportati i campi dedicati alla compilazione dei dati di miglioramento prodotto che di seguito vengono spiegati nel dettaglio.

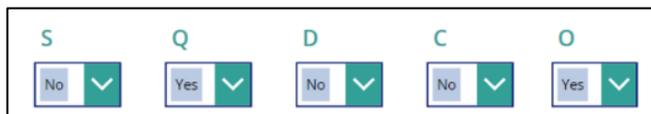
The screenshot displays the UCI Product-Improvement System interface. On the left, a list of tickets is shown with a 'Totale' (Total) of 30. The first ticket is 'Sala quadri porte contro flusso uscita' with 173 items, and the second is 'Valvole mancanti in diba commessa Francese' with 149 items. Below the list, a table provides details for the first ticket: 'Titolo' (Sala quadri porte contro flusso uscita), 'Data' (16/06/2023), 'Utente ticket' (Giacomo Gechelin), 'Tipologia ticket' (Suggerimento), 'Provenienza ticket', and 'Fase rilievo'. At the bottom left, there are five dropdown menus for status: '* S' (Yes), '* Q' (Yes), '* D' (No), '* C' (No), and '* O' (No). On the right, a form for 'Azioni Product-Improvement' includes a '* Commenti valutazione' field, a '* Riferimento ticket' dropdown, a '* Descrizione azione' text area, and buttons for 'Reset azione' and 'Invia azione'. Below this is a '* Documentazione impattata' dropdown and 'Reset' and 'Submit' buttons. A red warning message at the bottom reads: 'ATTENZIONE: compilare tutti i campi obbligatori (*)'.

Fig. 106: dettaglio schermata di UCI Product-Improvement System.

4.4.5.3. Descrizione dettagliata dei campi di inserimento

L'applicazione si presenta come uno strumento di report tramite campi ad inserimento specificatamente creati per la corretta catalogazione delle informazioni. I campi di compilazione di questa applicazione sono dedicati alla designazione degli incaricati e all'assegnazione delle azioni esecutive da compiere per portare a compimento la chiusura dei ticket ricevuti e revisionati.

- *Modifica della valutazione SQDCO*: La modifica dei suddetti valori non è obbligatoria, anzi è consigliabile considerare attentamente la decisione di modificarli in quanto tale scelta altera la priorità assegnata ai ticket durante la precedente fase di revisione.

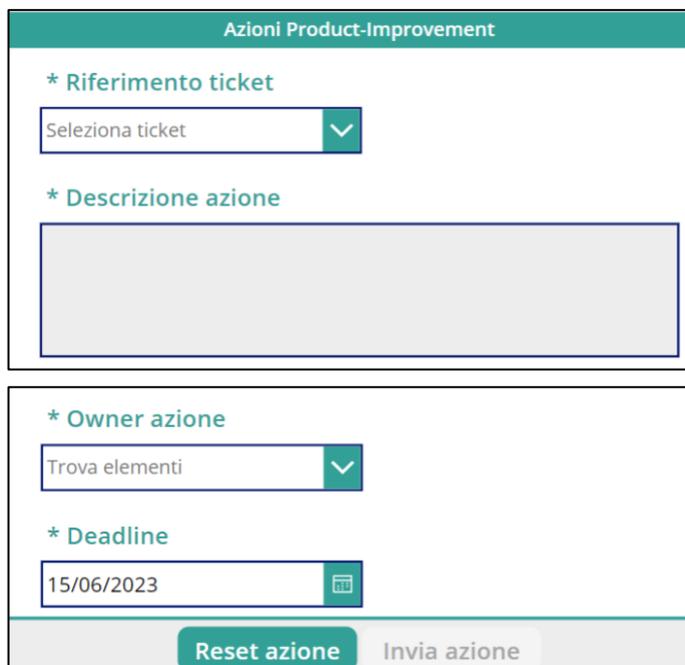


S	Q	D	C	O
No	Yes	No	No	Yes

Fig. 107: UCI Product-Improvement System, campo ad inserimento “Modifica della valutazione SQDCO”.

- *Azioni Product-Improvement*: l'area dedicata alle azioni di miglioramento prodotto è il fulcro dell'applicazione, è necessario inserire almeno un'azione per ciascun ticket. Di seguito vengono riportati i vari campi di inserimento relativi alle azioni:
 - a) *Riferimento ticket*: campo nel quale inserire il numero del ticket a cui fa riferimento l'azione che si sta assegnando.
 - b) *Descrizione azione*: campo nel quale inserire la descrizione dell'azione che si sta assegnando in modo chiaro, completo e sintetico.
 - c) *Owner azione*: campo nel quale inserire l'utenza di colui o coloro al quale/i è assegnata l'azione.
 - d) *Deadline*: campo nel quale inserire la scadenza per l'azione in assegnazione.

È importante stimare con precisione e realismo la possibile data per essere in grado di rispettarla e di non accumulare azioni incompiute.



Azioni Product-Improvement

* Riferimento ticket
Seleziona ticket

* Descrizione azione

* Owner azione
Trova elementi

* Deadline
15/06/2023

Reset azione Invia azione

Fig. 108: UCI Review System, campo ad inserimento “Azioni Product-Improvement”.

Premendo su “Reset azione” vengono ripristinati i campi mentre una volta compilati correttamente è necessario cliccare su “Invio azione” per confermare le scelte effettuate e resettare i campi per l’inserimento di altre azioni se richieste.

- *Commenti valutazione:* questo campo obbligatorio è destinato all’inserimento delle motivazioni dell’eventuale modifica dei parametri SQDCO e al commento finale sulle scelte prese ed azioni assegnate durante il meeting di miglioramento prodotto.



* Commenti valutazione

Fig. 109: UCI Review System, campo ad inserimento “Commenti valutazione”.

- *Documentazione impattata*: questa casella di selezione obbligatoria contiene tutti i possibili documenti che possono essere impattati dalla segnalazione e dalle misure da apportare per chiudere il ticket. È possibile effettuare una selezione multipla.



* Documentazione impattata

Seleziona documenti ✓

Fig. 110: UCI Review System, campo ad inserimento “Ticket rifiutato”.

4.4.6. Automatismi del sistema UCI

4.4.6.1. Notifiche automatizzate

Per semplificare e rendere più efficiente l'utilizzo della piattaforma UCI, sono stati implementati degli automatismi in grado di snellire le procedure di notifica, mantenendo tutte le figure coinvolte nel progetto costantemente aggiornate ed evitando così che avvenimenti rilevanti per il processo vengano trascurati. Per fare questo, è stato costruito un flusso di notifiche intelligenti tramite l'interazione di Microsoft SharePoint e Power Automate, che ha permesso di implementare avvisi personalizzati. Nello specifico, quando un nuovo ticket viene immesso nel sistema viene notificato il gruppo Microsoft Teams del progetto di miglioramento continuo; quando viene assegnata un'azione di miglioramento prodotto ad un membro del team, al diretto interessato viene segnalata la presa in carico della stessa tramite un messaggio di posta elettronica; inoltre, a tre giorni dalla deadline prefissata per il completamento dell'azione correttiva o preventiva la figura coinvolta riceve un avviso di promemoria sempre tramite e-mail. Di seguito è riportato uno schema del principio delle notifiche ed alcuni esempi delle tre tipologie di avviso automatico implementate nel sistema UCI. In tutte è presente un collegamento diretto al ticket di riferimento su SharePoint.

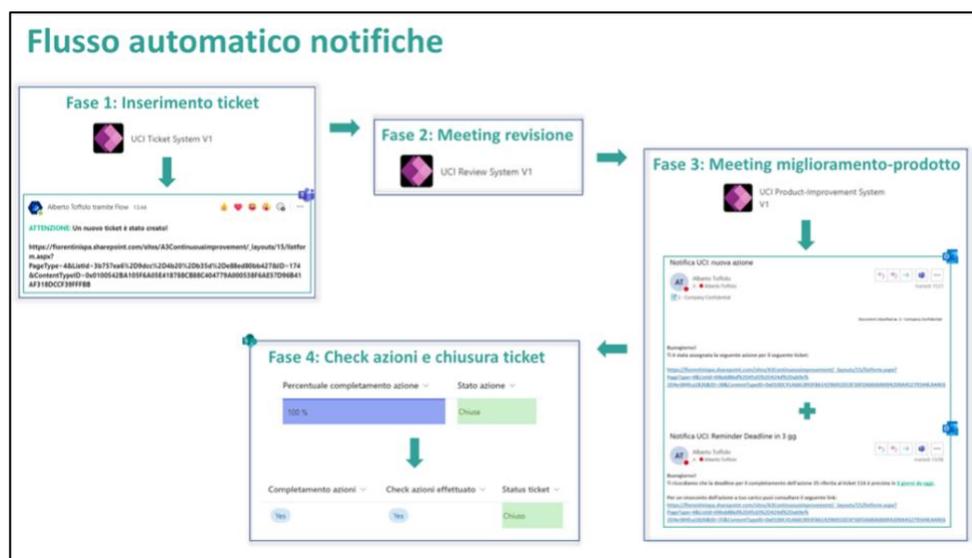


Fig. 111: schema del principio delle notifiche automatiche nel sistema UCI.



Fig. 112: notifica creazione di un nuovo ticket nel gruppo Microsoft Teams del progetto UCI.

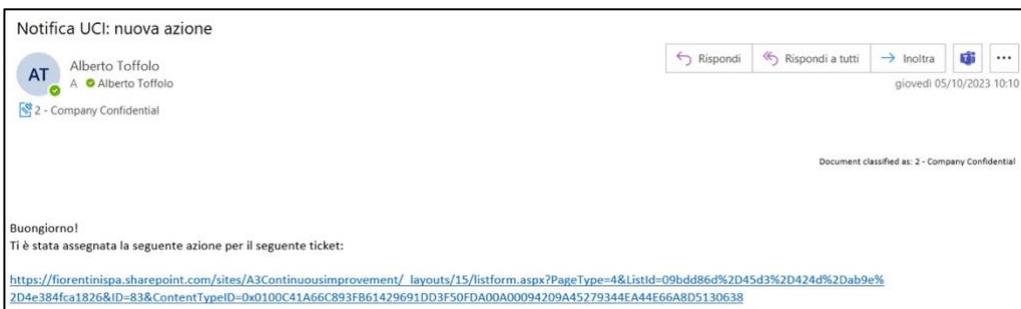


Fig. 113: notifica di assegnazione di una azione di miglioramento-prodotto via e-mail.

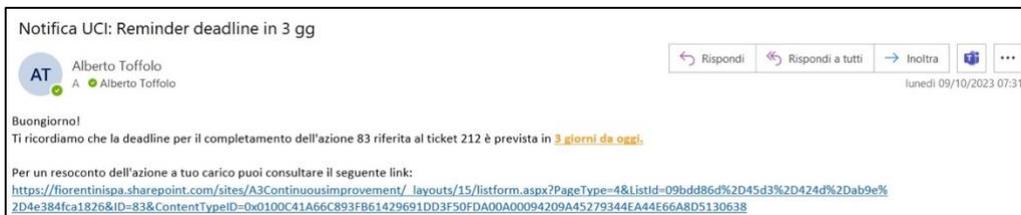


Fig. 114: notifica di promemoria della deadline per il completamento dell'azione assegnata.

4.4.6.2. Report statistici aggiornati in tempo reale

Anche i grafici statistici presenti nella homepage del sito SharePoint UCI sono stati automatizzati per mezzo di Microsoft Power BI. Infatti, questa piattaforma permette di creare dei grafici ed in generale dei report che si basano direttamente su una struttura di database. Connettendo il database ticket ed il database azioni a Power BI è stato possibile generare le UCI Analytics, il cui contenuto viene aggiornato simultaneamente ogni qual volta venga immesso un ticket nella piattaforma o venga lavorato tramite le varie applicazioni del sistema.

4.4.7. Finalità del trattamento dati: Aggiornamento continuo della documentazione master

L'impiego della piattaforma UCI System ha fine ultimo di provvedere al miglioramento continuo del prodotto, non solo implementando le azioni correttive e rendendo più efficiente la comunicazione con il cliente o con gli addetti in campo, ma soprattutto catalogando e storicizzando ogni intervento migliorativo nella documentazione tecnica di riferimento.

Questi documenti, definiti “master” sono stati creati come vero obiettivo del sistema e della tesi, infatti, aggiornandoli costantemente con ogni modifica dell'impianto innescata dal sistema descritto, è possibile disporre di una solida e aggiornata base di partenza per la presa in carico di ogni nuova commessa, favorendo quindi il miglioramento continuo e la standardizzazione di impianti di upgrading.

La documentazione master è rappresentata da un insieme di documenti tecnici che veicolano il flusso di progettazione e produzione degli impianti. Questi includono documenti di processo, di progettazione meccanica, di progettazione elettro strumentale, di controllo qualità e file costruttivi che nel loro insieme rappresentano il necessario alla realizzazione di una commessa. Di seguito viene riportata una matrice contenente i documenti master ad oggi standardizzati.

DOCUMENTAZIONE MASTER			
PROGETTO STANDARD	DISCIPLINA	DOCUMENTO	CODIFICA
	PROJECT MANAGEMENT	DOCUMENT MASTER PLAN	FIOBM0000U0A0APL001IT
	PROJECT ENGINEERING	MODELLO DATA SHEET	FIOBM0000T0A0GDS000IT
		LISTA DATA SHEET	FIOBM0000T0A0GDS001IT
		CODICI IN USO	FIOBM0000T0A0GDS002IT
		CHECK LIST	FIOBM0000T0A1GCK001IT
		TECHNICAL MASTER PLAN	FIOBM0000T0A1GPL001IT

Fig. 115: matrice della documentazione master per le commesse degli impianti di Upgrading.

Ogni qual volta un ticket UCI viene chiuso da una o più persone, la procedura ideata prevede che vengano aggiornati i documenti master dalle stesse per garantire che ogni impianto di Upgrading realizzato in seguito venga ideato e

sviluppato tenendo conto delle migliorie implementate e delle criticità risolte nelle commesse precedenti. A titolo informativo vengono riportati degli estratti di documenti master aggiornati in seguito alla chiusura dei ticket.

Il primo esempio riguarda l'aggiornamento della check-list master che è un documento che racchiude tutte le informazioni da verificare necessariamente per assicurarsi che la documentazione e la produzione della commessa siano ultimati e dettagliati prima di ritenerli eseguiti definitivamente. Nell'esempio si riporta il caso di due ticket (196 e 143) dalla cui chiusura si richiede per le commesse future di effettuare due controlli aggiuntivi nella sezione di disidratazione del biogas degli impianti Upgrading.

CHECK LIST SEZIONE DISIDRATAZIONE														
RIF TICKET	INSTRUMENTAL	CHECK AZIONI	RIF TICKET	MECHANICAL PIPING	CHECK AZIONI	RIF TICKET	PROCESS	CHECK AZIONI	RIF TICKET	QUALITY	CHECK AZIONI	RIF TICKET	SERVICE	CHECK AZIONI
			196	verificare assenza di curve direttamente flangiata					/	presenza supporto targa impianto				
			143	controllare continuità elettrica di tutta la sezione										

Fig. 116: esempio di aggiornamento della chek-list master in seguito alla chiusura dei ticket UCI.

La figura 117 riporta invece una modifica segnalata nel diagramma di processo P&ID master (Piping & Instrumental Diagram), nel quale si evidenzia la sostituzione di una valvola per tutti gli impianti futuri in seguito alla rottura e sostituzione della precedente gestita attraverso il ticket numero 16.

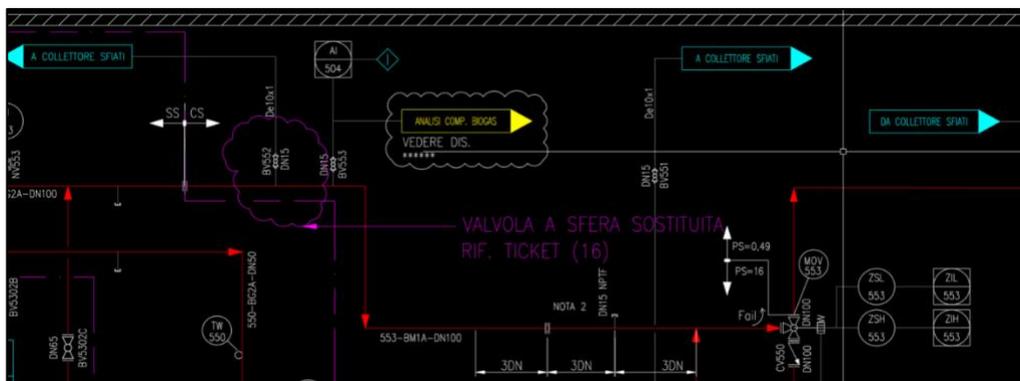


Fig. 117: esempio di aggiornamento del P&ID master in seguito alla chiusura dei ticket UCI.

Nell'immagine 118 viene invece proposta l'aggiunta di un paragrafo all'interno della guida di progettazione master dopo che attraverso il ticket 123 è stata gestita una richiesta di controllo in fase manutentivo per un allarme di segnalazione mal calibrato in un impianto in funzione.

5.2 Impostazioni water dew point (Rif. Ticket 123)

Assicurarsi che l'allarme del water dew point parta quando le temperature superano i -44,89°C a 1 bar di pressione. Queste impostazioni sono facilmente visibili e modificabili a schermo del plc nella sala quadri.



Fig. 118: esempio di aggiornamento della guida di progettazione master in seguito alla chiusura dei ticket UCI.

5. Analisi risultati

5.1. Efficacia dello strumento UCI System

Dopo quasi cinque mesi dalla prima segnalazione gestita tramite il sistema UCI, la piattaforma ed il flusso di lavoro ad essa associato costituiscono un iter consolidato nella gestione quotidiana degli impianti di Upgrading e del loro miglioramento continuo.

Il primo indicatore dell'efficacia dello strumento è il tasso di segnalazioni ricevute, gestite e chiuse che si è innalzato vertiginosamente rispetto a quando il processo di C.I veniva gestito attraverso la Service Board. Dal grafico (figura 119) si evince come dal mese di giugno 2023 ci sia stato un aumento molto significativo sia di feedback ricevuti che di ticket chiusi, in precedenza infatti non erano mai stati segnalati più di dieci suggerimenti o report di problemi al mese (agosto 2022 e marzo 2023) e al massimo tre di questi erano stati implementati con successo (ottobre e novembre 2022).

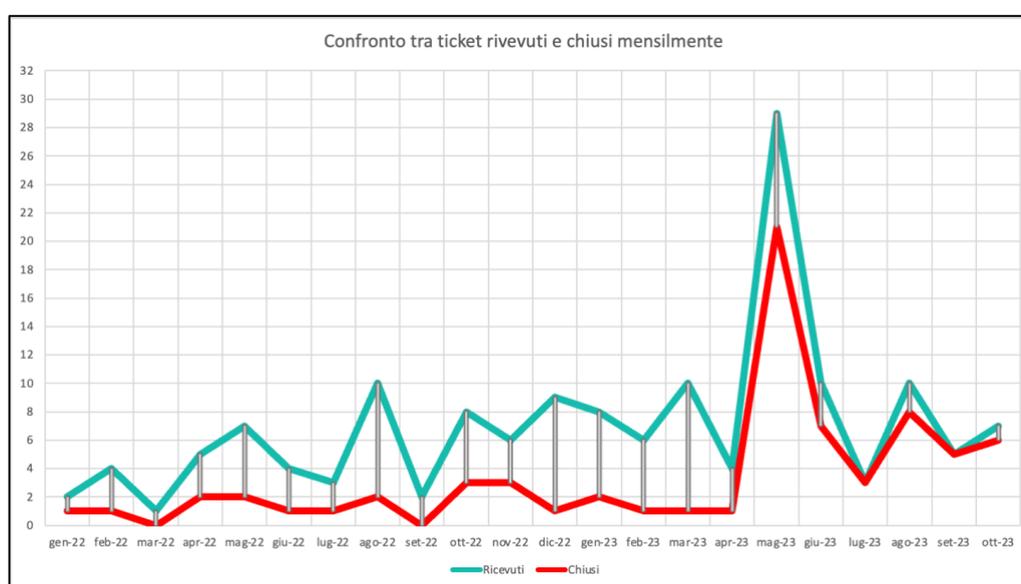


Fig. 119: confronto tra ticket aperti e chiusi mensilmente da gennaio 2022 ad ottobre 2023.

Volendo quindi esplicitare un KPI che quantificasse l'efficienza del sistema si è scelto di considerare il rapporto tra ticket ricevuti e chiusi per ogni mese. I risultati (figura 120) evidenziano un netto incremento dell'indicatore ed una tendenza continua a mantenere elevata la percentuale.

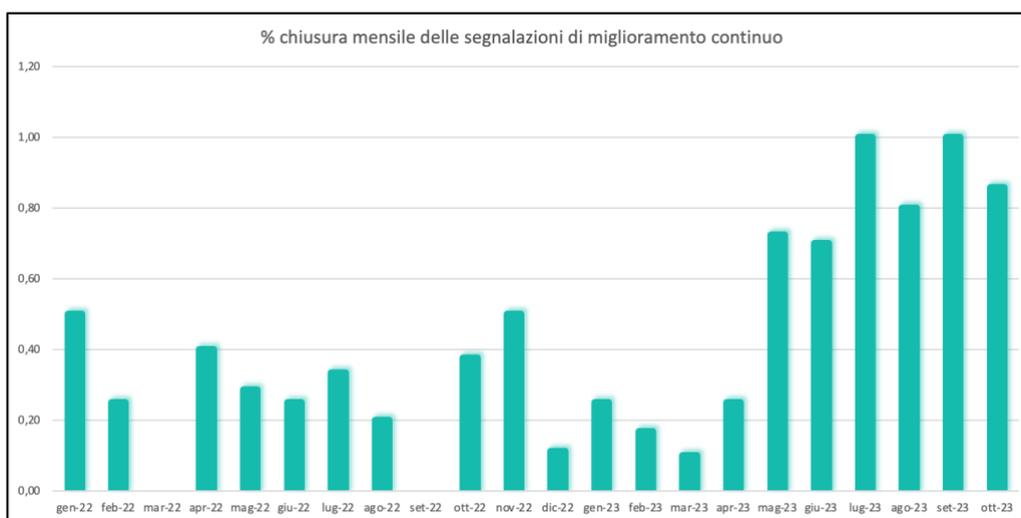


Fig. 120: andamento del KPI da gennaio 2022 ad ottobre 2023.

Dal punto di vista qualitativo, UCI System ha permesso di agevolare e rendere più solida la comunicazione tra le figure in campo e gli interni all'ufficio. I clienti, i gestori dell'impianto in funzione o il personale service addetto al montaggio e alla manutenzione hanno apprezzato molto l'introduzione della piattaforma e dispongono ora di un canale diretto che permette di dialogare in modo semplice ed efficace attraverso la piattaforma sviluppata, senza perdere alcuna informazione ed innalzando il grado di dettaglio delle segnalazioni, che in precedenza venivano declassate al passa parola tra le persone direttamente coinvolte.

In generale, UCI System ha riscosso molta approvazione dal personale della divisione Biometano entrando a far parte dei sistemi quotidianamente utilizzati per progredire nel supporto degli impianti esistenti e lo sviluppo delle commesse future. Anche altre divisioni interne a Pietro Fiorentini hanno dimostrato interesse nella piattaforma in ottica di possibile futura creazione di un sistema basato sulla

struttura del sistema UCI opportunamente rivisitato per adattarsi agli scopi di interesse.

5.2. Confronto tra passato e presente nella gestione del miglioramento continuo per le commesse di Upgrading

Rispetto a quando il processo del miglioramento continuo degli impianti di Upgrading veniva gestito tramite la Service Board, oggi il sistema UCI ha permesso di mutare radicalmente l'approccio al C.I. e di innalzare l'efficienza e l'efficacia della gestione delle segnalazioni.

Per prima cosa, è stato possibile impostare un metodo di lavoro standard, con due incontri settimanali, il primo al martedì per revisionare i ticket ed il secondo al giovedì per assegnare le azioni di miglioramento-prodotto alle segnalazioni revisionate in precedenza. Queste riunioni, solitamente della durata di un'ora, sono sempre presiedute da un team di lavoro multifunzionale, nel quale a rotazione si alternano tutte le figure dell'ufficio tecnico Biometano in modo da coinvolgere tutti gli addetti ed avere sempre a disposizione almeno una persona per ogni disciplina tecnica (ingegneria di processo, meccanica, elettro strumentale, controllo qualità e service). Quando possibile, gli incontri vengono supervisionati anche dalle figure manageriali più vicine al progetto, coinvolgendo quindi il project manager e il team leader della divisione per garantire un approccio di larghe vedute nella valutazione e gestione dei ticket ricevuti.

Per concludere la messa in opera delle azioni di miglioramento-prodotto ed il report sulla documentazione master delle migliorie implementate tramite i ticket, l'approccio adottato è quello di un meeting mensile che ricopre un'intera giornata lavorativa, nel quale anche in questo caso presenziano in un gruppo interdisciplinare tutte le figure coinvolte e funzionali alla chiusura delle segnalazioni.

Non da ultimo, nell'incontro mensile dell'intera divisione Biometano presieduto dal team leader, viene effettuato tramite strumento A3 un recap completo dello stato di avanzamento del progetto e del lavoro fatto nel corso del mese, presentando inoltre gli obiettivi a breve termine (mese successivo) e a lungo

termine per il miglioramento continuo della piattaforma stessa. Questo al fine di mantenere aggiornate anche le figure che non sono direttamente coinvolte nel progetto di C.I, riconoscere il merito di coloro che hanno contribuito partecipando attivamente alla chiusura dei ticket e continuare a consolidare la cultura collettiva in materia.

5.3. Limiti e criticità di UCI System

Come ogni strumento, a maggior ragione se sviluppato da poco tempo, UCI System presenta vari aspetti che meritano di essere approfonditi per migliorare la piattaforma ed affrontare quelle che ad oggi rappresentano limiti e criticità del sistema.

Innanzitutto, è bene indicare che l'implementazione del sistema ha richiesto la formazione specifica ed individuale di coloro che hanno preso parte attivamente alla realizzazione dello strumento e che questo ha generato a sua volta un centro di competenza. Ad oggi, infatti, solo poche persone sono in grado di gestire la piattaforma nel suo completo, la logica di lavoro del database, delle app sviluppate e degli automatismi del sistema sono note a pochi membri dell'ufficio tecnico e questo limita di per sé la possibilità di utilizzare UCI System in totale autonomia.

Per seconda cosa, affrontare il processo di miglioramento continuo degli impianti attraverso questo sistema ha richiesto e tutt'ora richiede uno sforzo di adattamento da parte di tutti i membri della divisione Biometano. Nonostante la semplicità di utilizzo della piattaforma e la ricerca di costante coinvolgimento collettivo, si è pur sempre di fronte alla scoperta di uno strumento ed un approccio di lavoro diverso dal precedente con la conseguente difficoltà in certe situazioni a non ricadere nella volontà di rifarsi ai metodi passati nel caso in cui non sia ritenuto necessario ricorrere alla nuova gestione del miglioramento continuo.

È innegabile, comunque, che il sistema stesso non disponga ancora del grado di maturità per garantire il miglior risultato in ogni circostanza in termini di accuratezza e velocità di risoluzione di ogni problematica ed implementazione delle migliorie suggerite. Questo accade soprattutto poiché il metodo di assegnazione della priorità nella fase di revisione non sempre è sufficientemente completo per garantire la sua precisione per ogni ticket ricevuto. Nonostante si sia cercato di renderla più metodica e meccanica possibile, spesso l'operazione di prioritizzazione comporta una fase di confronto tra i membri del team troppo

dispendiosa in termini di tempo e questo incide significativamente sul numero di segnalazioni revisionate nell'ora settimanale dedicata a questo processo. In secondo luogo, anche il lavoro di messa in pratica delle azioni di miglioramento-prodotto risulta macchinoso e non sempre efficiente per risorse e tempo richiesto.

Inoltre, a livello tecnico, è necessario svincolare tutti i database, le procedure e le applicazioni sviluppate dall'utenza proprietaria di coloro che le hanno ideate, in quanto attualmente la gestione dei permessi di accesso e della sicurezza del sistema UCI sono veicolate a persone fisiche e non a server aziendali.

5.4. Migliorie implementabili ad UCI System

Per sopperire alle criticità descritte nel paragrafo precedente e provvedere al continuo processo di miglioramento della piattaforma, è necessario continuare ad aggiornare lo strumento digitale, il flusso di lavoro e l'approccio al sistema UCI.

Per prima cosa è necessario aumentare la consapevolezza dell'importanza del supporto al processo di miglioramento continuo da parte di tutti e organizzare dei corsi di formazione o addirittura una Kaizen Week (intera settimana dedicata al miglioramento continuo per coloro che vi prendono parte) dedicata potrebbe essere molto utile a far conoscere lo strumento a tutti, permettere di comprendere con che logica è stato pensato e con che metodo sia necessario utilizzarlo per sfruttare al meglio il suo potenziale.

In conformità con l'ideologia Lean, in futuro si provvederà ad includere tutte le persone e le figure della divisione nel team di miglioramento continuo, per esempio rendendo più partecipi il reparto acquisti e il team proposal che ad oggi non sono direttamente coinvolti nella lavorazione dei ticket.

Per rendere maggiormente efficiente l'intero flusso di lavorazione dei dati, lo step successivo è di automatizzare maggiormente il sistema, incrementando gli automatismi laddove il contributo della persona risulta non porti un contributo significativo e migliorando il criterio di assegnazione della priorità in fase di revisione per far sì che sia sufficientemente accurato da essere valido e preciso per tutte le tipologie di segnalazione da revisionare. Anche la struttura della fase di implementazione delle azioni di miglioramento-prodotto deve essere rivista, assicurandosi che non vengano utilizzate risorse ridondanti nel processo.

Sarà molto importante anche affiancare il processo di miglioramento continuo tramite lavorazione delle segnalazioni e l'attività di gestione delle non conformità. Attualmente, quando ricevuto un ticket, i responsabili della qualità degli impianti vengono coinvolti nell'utilizzo del sistema UCI per gli scopi di C.I e gestiscono

in parallelo l'apertura della non conformità (N.C) relativa alla segnalazione nel caso sia necessaria. Questo porta ad una ridondanza di processo e di informazioni che può essere evitata implementando direttamente in UCI System la gestione delle N.C o integrando quest'ultimo con il software di gestione delle non conformità JD Edwards.

Infine, è necessario provvedere a delle modalità di feedback sul sistema e sul flusso di lavoro stessi per continuare ad evolvere iterativamente UCI System, assecondando opinioni e necessità di coloro che interagendovi sono in grado di alimentare il miglioramento continuo dello strumento come professato dalla filosofia Kaizen.

5.5. Trasversalità di UCI System

UCI System è stato ideato per gestire il processo di miglioramento continuo degli impianti di Upgrading di Pietro Fiorentini, la sua natura però consente di immaginare di poterlo applicare in molteplici settori. La piattaforma è concepita come strumento completo per la ricezione, lavorazione e archiviazione di qualsiasi forma di feedback e pertanto, non è difficile pensare che si possa adattare ad ogni tipologia di processo che richieda la presa in carico di segnalazioni e che richieda un flusso lineare del trattamento di queste.

La cura della sicurezza del sistema rende quest'ultimo adatto al trattamento di ogni tipologia di dati, dai meno sensibili ai più riservati. Gli accessi ai database e alle applicazioni sono gestiti tramite le codifiche Microsoft. Infatti, sia SharePoint che Power App, Power Automate e Power BI godono di un piano di accessi centralizzato che permette non soltanto di limitare le utenze in grado di accedere ma di assegnare ad ognuna di queste i permessi precisi per accedere, immettere dati, modificare o, nel caso degli amministratori di sistema, gestire completamente la piattaforma.

L'aspetto forse più interessante ai fini di utilizzo di una piattaforma basata su UCI System rimangono comunque le tempistiche di implementazione, che rispetto all'utilizzo di sistemi complessi dal punto di vista informatico, risultano contenute. Con vantaggi e limitazioni già menzionate, costruendo un sistema basato su questo ogni azienda può dotarsi di un efficace ed efficiente strumento digitale per la gestione del miglioramento continuo dei processi, dei prodotti e dei servizi.

6. Conclusioni

Considerando lo scopo del progetto di tesi e traendo le conclusioni sul lavoro svolto nei sei mesi di tirocinio in Pietro Fiorentini, si può affermare che il risultato della messa in opera del sistema sviluppato ha permesso di migliorare sensibilmente la completezza e l'efficienza della presa in carico, della lavorazione e della concretizzazione delle risoluzioni di problematiche e delle migliorie apportabili agli impianti di conversione di biogas in biometano attraverso il coinvolgimento di figure trasversali, team multifunzionali ed in conformità con la metodologia Kaizen, integrandosi quindi a pieno nello scenario dei valori aziendali di Pietro Fiorentini.

Confrontando UCI System con le tecniche e gli approcci ai sistemi di miglioramento continuo presenti in letteratura è possibile constatare come la piattaforma sviluppata rappresenti un sistema di supporto al miglioramento continuo veramente completo. Nel suo complesso, lo strumento ideato rispetta i canoni moderni del visual management e della collaborative innovation. È capace di integrare la cattura dei riscontri tipica dei customer feedback systems tramite l'applicazione UCI Ticket System, che si colloca nella categoria dei sistemi di comunicazione passiva e codificata (in cui l'utente deve avviare il contatto e informare di un reclamo attraverso un metodo definito). Con il sito SharePoint di riferimento e i database al suo interno, la piattaforma offre la possibilità di centralizzare e semplificare la gestione delle informazioni propria dei knowledge and quality management systems e tramite UCI Review System ed UCI Product-Improvement System funge anche da applicativo di supporto decisionale nelle fasi di revisione ed assegnazione delle azioni di miglioramento-prodotto.

Se comparato agli esempi documentati dei sistemi di gestione del C.I, UCI System è confrontabile con il sistema di customer feedback sviluppato per l'ADE di Bangalore [27], rispetto al quale risulta affine per l'idea di raccogliere e valorizzare ogni forma di segnalazione sul prodotto ma nettamente più evoluto dal

punto di vista del metodo, dato che l'approccio utilizzato dall'aviazione indiana si basa prevalentemente su una raccolta analogica dei feedback e non prevede la standardizzazione del processo di trattamento e storicizzazione delle migliorie implementate. Pensando ai connotati di total quality management del sistema UCI, un confronto con lo strumento sviluppato per PACCAR [21] evidenzia la maggior digitalizzazione del sistema implementato in Pietro Fiorentini, che oltre ad essere accessibile anche in campo e da mobile, permette non soltanto di monitorare il controllo qualità degli impianti ma di supportare tutte le fasi produttive ed esecutive del prodotto. Rimanendo in tema di knowledge and information management, UCI System può considerarsi un'evoluzione del sistema implementato per la gestione del miglioramento continuo nell'azienda produttrice di pompe idrauliche [30] e del LEWIS System, ideato a supporto della aziende edili britanniche [29], rispetto ai quali si contraddistingue per vari aspetti: per prima cosa a differenza delle piattaforme menzionate non richiede il supporto di una persona o addirittura di un team informatico per essere gestito, include inoltre gli automatismi di report e di notifica che non essendo presenti negli altri due sistemi rendono meno coinvolgente l'esperienza d'uso di questi e soprattutto dispone di applicazioni separate (seppur connesse) per la lavorazione dei dati, che permettono quindi di mantenere a pieno l'integrità dei database. Seppur non si concentri nell'ambito della gestione della produzione come il decision support system del negozio di lettere presentato [23], il sistema UCI risulta simile a quest'ultimo nell'intento di veicolare il flusso delle informazioni, eliminando gli sprechi di rilavorazioni e di dati. Entrambi i sistemi hanno contribuito anche a ridurre gli errori nelle fasi progettuali ed esecutive degli ordini ma a differenza della piattaforma di supporto decisionale del negozio che si limita a suggerire in che modo avanzare la produzione per essere puntuali e non accumulare sprechi, quella sviluppata in Pietro Fiorentini supporta l'intero processo di miglioramento continuo, dalla raccolta delle informazioni su problematiche e possibili migliorie alla concretizzazione delle azioni necessarie a migliorare il prodotto e a tener traccia di quanto implementato per ogni futura commessa.

In conclusione, il sistema di miglioramento UCI rappresenta un esempio di completa innovazione della filosofia di miglioramento continuo Kaizen, che unisce le modalità di lavoro predicate dal mantra giapponese del Lean management agli strumenti moderni e digitali indispensabili oggi per affrontare la ricerca degli standard e la sfida di eccellenza di un'azienda avanguardista come Pietro Fiorentini.

Legenda

¹ Per Lean Six Sigma si intende una concezione manageriale che combina la filosofia di produzione Lean e il programma di gestione della qualità, Six Sigma, programma che ha come obiettivo l'eliminazione di otto tipi di sprechi (muda) ed un'accresciuta capacità di performance. Il termine “Six Sigma” è statisticamente basato sull'approvvigionamento di beni e servizi ad altissimo livello.

² Il metodo Delphi è una tecnica usata per ottenere risposte ad un problema da un gruppo di esperti indipendenti attraverso due o tre fasi. Dopo ogni fase un amministratore fornisce un anonimo sommario delle risposte degli esperti e le loro ragioni. Quando le risposte degli esperti cambiano leggermente tra le varie fasi, il processo viene arrestato. Infine, tra le risposte alla fase finale viene eseguita una sorta di media matematica. La tecnica può essere adottata per incontri faccia a faccia, in questo caso il metodo viene chiamato Mini-Delphi o Estimate-talk-Estimate (ETE).

³ Allievo di Taiichi Ohno e fondatore di Shingjiutsu, azienda di consulenza giapponese.

⁴ Massimo esperto mondiale di hoshin kanri, un approccio gestionale che combina il management strategico con quello operativo.

⁵ A. Camuffo, 2014, “*L'arte di migliorare*”, Marsilio Editori S.p.a.

⁶ L'Agenzia internazionale per l'energia (IEA) è un'organizzazione intergovernativa autonoma con sede a Parigi, fondata nel 1974, che fornisce raccomandazioni politiche, analisi e dati sull'intero settore energetico globale.

⁷ La legge di Henry dice che a temperatura costante, la solubilità di un gas è direttamente proporzionale alla pressione che il gas esercita sulla soluzione. Raggiunto l'equilibrio, il liquido si definisce saturo di quel gas a quella pressione.

⁸ Kimura, S G, and Walmet, G E. Fuel gas purification with permselective membranes. United States: N. p., 1980. Web. doi: 10.1080/01496398008076290.

Bibliografia

1. <https://www.fiorentini.com/it/soluzioni/sistemi/energie-rinnovabili/upgrading-del-biogas/#:~:text=L%27upgrading%20del%20biogas%20in,e%20all%27utilizzo%20nei%20trasporti.>
2. <https://fiorentinisp.sharepoint.com/sites/PFconnect/Materiali%20di%20comunicazione/Forms/AllItems.aspx?id=%2Fsites%2FPFconnect%2FMateriali%20di%20comunicazione%2FBilancio%20di%20sostenibilita%2FBilancio%20di%20sostenibilita%202022%2Epdf&parent=%2Fsites%2FPFconnect%2FMateriali%20di%20comunicazione%2FBilancio%20di%20sostenibilita>
3. Daniele Dalla Vecchia, “Lean Manufacturing applicato ad una linea produttiva: il caso Pietro Fiorentini S.p.a.”, Università degli Studi di Padova, 2019.
4. Training Fiorentini
5. Vienna University of Technology, “DAL BIOGAS AL BIOMETANO TECNOLOGIE DI UPGRADING”, 2012.

6. Petros Gkotsis, Panagiotis Kougiyas, Manassis Mitrakas, Anastasios Zouboulis, “Biogas upgrading technologies – Recent advances in membrane-based processes”, INTERNATIONAL JOURNAL OF HYDROGEN ENERGY 48, 2023, pp. 3965-3993.
7. F. Arecco, “Energia dal biogas. Manuale per la progettazione, autorizzazione e gestione degli impianti”, Edizioni Ambiente, 2013.
8. <https://en.wikipedia.org/wiki/SharePoint>
9. <https://sharepointmaven.com/what-is-sharepoint-and-what-is-it-used-for/#:~:text=SharePoint%20is%20a%20Microsoft%20web,%2C%20web%20pages%2C%20and%20tasks>
10. https://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Teams
11. <https://www.vectra.ai/learning/power-automate>
12. <https://learn.microsoft.com/en-us/power-apps/powerapps-overview>

13. <https://www.techtarget.com/searchcontentmanagement/definition/Microsoft-Power-BI>
14. G Cwikla et al 2018 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 400 062008.
15. Michael Butler, Marek Szwejczeniowski & Michael Sweeney (2018) A model of continuous improvement programme management, *Production Planning & Control*, 29:5, 386-402, DOI: 10.1080/09537287.2018.1433887.
16. J. Hambach, K. Kümmel, J. Metternich, "Development of a digital continuous improvement system for production", *The 50th CIRP Conference on Manufacturing Systems*, 2017, pp. 330-335.
17. Anders Fundin, Mattias Elg, "Exploring routes of dissatisfaction feedback. A multiple case study within a machine industry segment", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 23 No. 8, 2006, pp. 986-1001.
18. Anders Fundin, Mattias Elg, "Continuous learning using dissatisfaction feedback in new product development contexts", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 27 No. 8, 2010, pp. 860-877.

19. Jochen Wirtz, Monica Tomlin, “Institutionalising customer-driven learning through fully integrated customer feedback systems”, *Managing Service Quality*, Vol. 10 No. 4, 2000, pp. 205-215.
20. Sofiene Hermi, taieb Ben Romdhane, Raouf Ketata, “Intelligent Model of Continuous Improvement Mechanisms Scope of QMS”, *Proceedings of the 2009 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics San Antonio, TX, USA, 2009*, pp. 5199-5204.
21. Youness Eaidgah, Alireza Arab Maki, Kylie Kurczewski, Amir Abdekhodae, “Visual management, performance management and continuous improvement. A lean manufacturing approach”, *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 7 No. 2, 2016, pp. 187-210.
22. A. Sharma, “Collaborative product innovation: integrating elements of CPI via PLM framework”, *Computer-Aided Design* 37, 2005, pp. 1425–1434.
23. Krishnan Krishnaiyer, F. Frank Chen, “Web-based Visual Decision Support System (WVDSS) for letter shop”, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 43, 2017, pp. 148–154.
24. Yu Yang, Xuedong Liang, Jie Yang, Zijun Zhou, Jing Wang, “Knowledge Decision Support Model for Collaborative Product Innovation”, *Proceedings of the 2009 IEEE IEEM*, 2009.

25. Hung-da Wan, F. Frank Chen, “Decision support for lean practitioners: A web-based adaptive assessment approach”, *Computers in Industry* 60, 2009, pp. 277–283.
26. Edgar Wong, Gianpierre Pajuelo, Fernando Sotelo, and Carlos Raymundo, “Implementation of a Quality Management System (QMS) Based on TQM Principles for Cocoa MSEs: A Case Study in Cusco, Perú”, *IHIET*, 2020, pp. 910–916.
- 20
27. Het Ram Swami, “Customer Feedback System for Continual Quality Improvement-A CaseStudy from *Lakshya* Experiences”, *Defence Science Journal*, Vol. 56 No. 1, 2006, pp. 71-80.
28. Ahonen, T., Lehtovaara, J., Peltokorpi, A., & Uusitalo, P. (2022). Continuous Improvement of Takt Production with Data-Driven Knowledge Management Approach. *Proceedings of the 30th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC30)*, 376–387.
29. Eknarin Sriprasert, Nashwan Dawood, “MULTI-CONSTRAINT INFORMATION MANAGEMENT AND VISUALISATION FOR COLLABORATIVE PLANNING AND CONTROL IN CONSTRUCTION”, *ITcon* Vol. 8, 2003, pp. 341-366.

30. Susanne Dienst, Madjid Fathi, Michael Abramovici, Andreas Lindner, “*A Conceptual Data Management Model of a Feedback Assistance System to support Product Improvement*” IEEE, 2011, pp. 446-451.

31. Alan J. Beckett, Charles E.R. Wainwright, David Bance, “Implementing an industrial continuous improvement system: a knowledge management case study”, *Industrial Management & Data Systems* 100/7, 2000, pp. 330-338.

