

POLITECNICO DI TORINO

Collegio di Ingegneria Chimica e dei Materiali
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Materiali

TESI DI LAUREA MAGISTRALE

Analisi Prestazionale e Qualitativa dei metodi di Assemblaggio e Confezione, di stratificazioni in differente armatura, destinate a capi di abbigliamento conformi alle norme FIA



Relatrice

Ada Ferri (DISAT)

Candidata

Eleonora Bianca

Matricola 271985

Anno Accademico 2020/2021

*“Goditi potere e bellezza della tua gioventù, non ci pensare!
Il potere di bellezza e gioventù lo scoprirai solo una volta appassite.
Non preoccuparti del futuro, oppure preoccupati, ma sapendo che questo
aiuta come masticare un chewing-gum per risolvere un’equazione algebrica.
I veri problemi della vita saranno sicuramente cose che non ti erano
passate per la mente.
Non essere crudele con il cuore degli atri.
Non tollerare chi è crudele con il tuo.
Non perdere tempo con l’invidia. A volte sei in testa. A volte resti indietro.
La corsa è lunga, e alla fine è solo con te stesso.
Cerca di conoscere i tuoi genitori.
Tratta bene i tuoi fratelli, sono il miglior legame con il passato e quelli che
probabilmente avranno cura di te in futuro.
Sii cauto nell’acceptare consigli, ma sii paziente con chi li dispensa.
I consigli sono una forma di nostalgia, dispensarli è un modo di ripescare
il passato dal dimenticatoio, ripulirlo, passare la vernice sulle parti più brutte
e riciclarlo per più di quel che valga.
Ma accetta il consiglio, per questa volta”.*

RINGRAZIAMENTI

Prima di tutto vorrei ringraziare l'azienda Sparco S.p.A. che mi ha accolta e dato la possibilità di sostenere un progetto fornendomi tutto l'aiuto e il sostegno necessario.

Grazie di cuore anche alla professoressa Ada Ferri che ha da subito seguito con attenzione il mio percorso, premurandosi che non mi mancasse l'appoggio accademico e abbracciando il progetto con grande interesse ed entusiasmo.

In particolare questa avventura non è servita soltanto a concludere il mio percorso accademico ma mi ha anche permesso di intraprendere un percorso formativo personale che mi porterò dentro per tutta la vita. Il personale del PAB, nello specifico, si è dimostrato migliore di ogni mia aspettativa ma nel particolare sento il bisogno di riservare qualche parola per le persone che, umanamente, hanno condiviso con me più di quanto non avrei mai richiesto loro.

Grazie Angelo che ti sei interessato più di quanto non avresti dovuto, aiutandomi e dedicandomi impegno ed attenzioni nonostante la mia esuberanza ti richiedesse più tempo di quanto non ne avessi a disposizione, grazie per avermi insegnato a muovermi in un ambiente a me sconosciuto e per avermi sempre tenuta d'occhio e guidata consigliandomi ciò che sarebbe stato meglio per me.

Grazie Paolo per avermi consigliata ed ascoltata, grazie anche di avermi messo in riga più di una volta facendomi sempre presente che nello "spassufficio" avrei sempre avuto un amico pronto ad ascoltarmi.

Grazie Stefania, per avermi aiutata e seguita nonostante le pesanti ore di lavoro e i mille impegni hai sempre trovato la pazienza di ascoltarmi e di aiutarmi in ogni modo ti fosse possibile, senza mai tirarti indietro.

Grazie ad Anna per tutti i consigli e l'ascolto che mi hai riservato, sei stata da subito un punto di riferimento.

Grazie Dani che hai da subito giocato nella mia squadra, cercando di aiutarmi e di migliorarmi e regalandomi la possibilità di vivere questa nuova esperienza senza mai sentirmi sola ma anzi sapendo che sarebbe bastato guardarmi indietro per vederti in prima fila a sostenermi.

Grazie di aver alleggerito le giornate con qualche risata. Grazie per essere mio amico.

La laurea non è che l'inizio di quella che sarà la mia vera avventura, qualsiasi sarà il mio futuro, qualsiasi saranno le mie scelte, le mie scommesse e qualsiasi sarà la

mia strada so che inizia da oggi e so che designare il merito di tutto ciò a me stessa sarebbe più che riduttivo.

Sono fortunata, sono sempre stata fortunata e non ho mai smesso di ripetermelo. La mia vita è, è stata, e mi auguro che sarà sempre costellata di persone meritevoli degne di ogni considerazione che mi hanno permesso, in un modo o nell'altro, di essere quella che sono oggi (o quello che mi appresto a diventare).

I miei amici mi hanno insegnato a non sentirmi mai sola, a credere nell'affetto sincero e alleggerendomi ogni difficoltà con una risata davanti ad un aperitivo, ora come dieci anni fa.

In particolare devo ringraziare le mie amiche: grazie ad Ele che mi hai insegnato il significato del coraggio e che mi rendi orgogliosa di te ogni giorno, grazie a Giulia e a tutte le risate che mi regali sdrammatizzando sempre con il tuo modo disincantato di ironizzare strappandomi una sorriso, grazie a Ire che anche quando le altre si trovano a dovermi riprendere sai sempre riservarmi un sorriso sussurrandomi che avrò anche sbagliato ma che comunque avresti sbagliato con me (così, giusto per farti due risate) e grazie a Silvia che nonostante tutto sei la mia fan numero uno sempre in prima fila a fare il tifo per me e ad incoraggiarmi quando sono io ad essere titubante, abbiamo condiviso tanto noi due e siamo sempre state in grado di affrontare ogni cosa insieme, sei un'amica spettacolare.

Grazie ragazze, vi devo molto.

Sarebbe ridondante nominarvi uno ad uno ma mi rendo conto che sono stata in grado di circondarmi di persone che sapessero regalarmi qualcosa, che sapessero migliorarmi e che fossero in grado di arricchirmi, grazie anche a voi ragazzi e grazie a Ro che nonostante la distanza abbiamo imparato a sentirci sempre vicini.

Infine mi trovo a pensare a coloro che sin dall'infanzia hanno sopportato il mio carattere vibrante e dinamitico smorzandone gli spigoli ma senza provare mai a cambiarmi ma piuttosto insegnandomi ad amare e rispettare ogni parte di me, anche se a volte risultava difficile a me in primis.

Si dice che la famiglia sia come i rami di un albero: ognuno prende direzioni diverse ma le radici sono sempre le stesse ed io sono orgogliosa di essere parte di queste radici. La mia famiglia è sempre stato motivo di vanto per me, sono cresciuta con Diego che è stato un secondo padre più che un fratello con il quale con il tempo, conoscendoci meglio, abbiamo entrambi capito che il modo migliore per comunicare tra noi sarebbe sempre stata la musica e che tra uno strimpello di chitarra e l'altro sappiamo dirci più di quanto abbiamo il coraggio di ammettere.

Grazie anche a Deni e a quei due meravigliosi concentrati di energia e goffaggine che colorano ogni momento che mi regalano, permettendomi di tirare fuori il mio Peter Pan senza che risulti fuori luogo. Siete tutto ciò che una zia pasticciona e altrettanto goffa possa desiderare.

Grazie ad Ale, determinata ma con un cuore gentile che mi ha insegnato il vero significato dell'altruismo e dimostrandosi sempre pronta a darmi un appoggio e a

quel piccolo ometto che, come ultimo arrivato, mi ha fatto compagnia durante l'ultima tratta di questa avventura tra un sorriso e l'altro.

Grazie Cri che non hai mai scansato dal dispensarmi consigli cercando di mostrarmi la strada migliore come fa un fratello.

Dedo, tu sei il migliore amico che potessi desiderare: siamo in disaccordo la metà del tempo ed in combutta contro il mondo la restante metà. Grazie soprattutto perché anche se non lo dimostri e ti ostini a voler fare il duro hai sempre creduto in me e mi hai sempre spinto a credere in me stessa, dal canottaggio allo studio, insegnandomi ad essere forte e cavarmela da sola (anche se nascosto da qualche parte mi hai sempre osservata da lontano, proprio come quando hai fatto il tuo miglior tempo nei 200 m per corrermi dietro pronto a raccogliermi nella mia inevitabile caduta la mia prima volta in bici senza rotelle).

Mamma e Papà siete invece i muri portanti della mia vita: grazie per tutto l'amore che mi avete donato e che continuate a donarmi ogni giorno mentre vedete quella casa piena di piccole pesti svuotarsi pian piano, osservandoci prendere la nostra strada con orgoglio. Grazie Mamma perché sono sempre la tua piccina nonostante ti faccia esasperare con la mia febbrile natura ed il mio essere inguaribilmente la detentrica imbattibile del record di disordine mondiale, grazie Papà perché anche se sono orgogliosa e mi piace far vedere che me la cavo da sola sei sempre stato la mia guida, oggi come allora quando giocavamo a "terra, mare, cielo".

Rileggendo le righe che ho scritto non posso che riempirmi il cuore di orgoglio e a sentirmi fortunata ad avere tutti voi nella mia vita, non mi sentirò mai all'altezza di questo e non mi sentirò mai alla tua altezza Baloo che ogni giorno mi regali tanto.

Grazie Baloo per essere la mia roccia, grazie per non dubitare mai di me, grazie per tutto l'amore che mi dai e grazie per non aver mai provato a cambiare nulla di quello che sono ma, anzi, insegnandomi ad amarlo un po' di più. So di dover prendere atto dei sacrifici che in questi anni ho affrontato per conseguire questo titolo ma la verità è che se mi guardo indietro non posso far altro che vedere i tuoi incoraggiamenti, la tua pazienza nell'ascoltare a ripetizione i miei esami cercando di capirci qualcosa per potermi aiutare, non posso far altro che vedere le tue lavate di capo quando mi dicevi di non abbattermi e di darmi da fare ma anche la tua immensa dolcezza nello spingermi a prendere atto dei miei risultati.

Grazie Baloo perché non hai fatto altro che migliorarmi, grazie perché mi hai permesso di crescere con te e grazie perché anche in questo che è un periodo di difficoltà per entrambi non hai mai dubitato di noi lasciandomi sopraffatta dal sentimento puro e forte che sei sempre stato in grado di dimostrarmi.

Grazie Baloo perché sei sempre al mio fianco e perché fai di tutto per rendermi felice e grazie per prenderti cura di me.

Grazie Baloo per essere l'uomo meraviglioso che sei e grazie per esserlo con me.

Grazie Baloo, al giusto spazioso.

SOMMARIO

ELENCO DELLE FIGURE	XI
ELENCO DELLE TABELLE	XVII
0. INTRODUZIONE.....	1
0.2 ORGANIZZAZIONE DELLA TESI	4
1. IL MOTORSPORT.....	Errore. Il segnalibro non è definito.7
1.1. IL CONTESTO	7
1.2 L'APPARATO NORMATIVO	18
1.2.1. FIA	18
1.2.2. FIA STANDARD 8856-2018	18
1.2.3. SFI.....	31
1.3 MATERIALI IDONEI.....	36
2. SVILUPPO DEL PRODOTTO.....	45
2.1 IL CONCETTO DI PRODOTTO	47
2.2 L'INNOVAZIONE DEL PRODOTTO	50
2.3. FIGURE E MODELLI ORGANIZZATIVI.....	51
3. SVILUPPO DI UNA TUTA OMOLOGATIVA.....	53
3.1 RACING SUIT.....	54
3.2 FASE DI PROGETTAZIONE	56
3.3 R567	58
3.3.1 PROVE DI RESISTENZA AL CALORE	62
3.3.2 PROVE DI RESISTENZA ALLA FIAMMA.....	67

3.3.3 PROVE DI RESISTENZA MECCANICA	69
3.3.3.1 IL PROCESSO DI CONFEZIONE	74
3.4 R568	83
4. ANALISI PRESTAZIONALE DELLA CONFEZIONE.....	91
4.1. LA TINTURA	942
4.2 LA CUCITURA	104102
4.3 IL FILO CUCIRINO	1097
4.4 MODELLO DI ANALISI PRESTAZIONALE	1131
5. ANALISI QUALITATIVA DELLA CONFEZIONE	133
5.1 EVOLUZIONE DEL CONCETTO DI QUALITÀ'	1365
5.2 VISION 2000	14039
5.3 I COSTI DELLA QUALITÀ'	1421
5.3.1. IL MODELLO EFQM	1443
5.3.2 IL MODELLO TQM	1476
5.4 KEY PERFORMANCE INDICATOR	14948
5.5 IL CONTESTO AZIENDALE	1543
5.5.1 REALIZZAZIONE DEL PRODOTTO	1587
5.5.2. TV130	1654
6. CONCLUSIONI.....	1711
APPENDICE A.....	1733
APPENDICE B.....	17979
BIBLIOGRAFIA.....	1817

ELENCO DELLE FIGURE

FIGURA 0-1. EVOLUZIONE DEL LOGO SPARCO	3
FIGURA 1-1. ILLUSTRAZIONE DEL POSIZIONAMENTO DEI RILEVATORI DEI PARAMETRI CONSIDERATI	14
FIGURA 1-2. ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA MEDIA CUTANEA E DELL'UMIDITÀ RELATIVA DEI TRE TESTER CON DEVIAZIONI STANDARD	15
FIGURA 1-3. TEMPERATURA E UMIDITÀ RELATIVA DEL MICROCLIMA TRA MAGLIA E TUTA CON DEVIAZIONI STANDARD	15
FIGURA 1-4. A E B SUDORE PERSO E SUDORE RESIDUO PER I TRE TESTER IN CIASCUN TEST	16
FIGURA 1-5. FREQUENZA CARDIACA DEL TESTER 2	16
FIGURA 1-6. POSIZIONAMENTO DELLA SONDA NELLA PROVA DI TRASMISSIONE DEL CALORE SECONDO STANDARD FIA 8856-2018	22
FIGURA 1-7. ESECUZIONE DELLA PROVA DI RESISTENZA ALLA FIAMMA STANDARD FIA 8856-2018 NORMA ISO 15025	24
FIGURA 1-8. ESEMPIO DI ETICHETTA OMOLOGATIVA DA RICAMARE SUL COLLETTO DELLA TUTA	30
FIGURA 1-9. CURVE DI INTERPOLAZIONE PER IL CALCOLO DEL TEMPO TB AL FINE DI OTTENERE IL PARAMETRO TPP	34
FIGURA 1-10. FORMULA CHIMICA DI NOMEX® E KEVLAR®	37
FIGURA 1-11. SCHEMA ILLUSTRATIVO DELLE TRE CATEGORIE FONDAMENTALI DI ARMATURA: PLAIN, SATIN E TWILL WEAVE ..	41
FIGURA 1-12. SCHEMA DELLE STRUTTURE DENIM, BATAVIA, SAIA 2.2 (O LISCA DI PESCE) E PIED DE POULE	41

FIGURA 1-13. MISURA LINEARE DELL'APERTURA (A) E PERCENTUALE DI SUPERFICIE LIBERA (B) DI DUE TESSUTI MONOFILO CON 120 FILI PER CENTIMETRO E DIAMETRO DEL FILO DI 34 E 40 MM.....	43
FIGURA 3-1. TAVOLA DI PROGETTAZIONE DI UNA TUTA DA RACING	55
FIGURA 3-2. GESTIONE DELLE ATTIVITÀ PRODUTTIVE NEL PLANT ABBIGLIAMENTO.....	57
FIGURA 3-3. ELENCO DELLE CUCITURE REALIZZATE NELLA TUTA OMOLOGATIVA	59
FIGURA 3-4. ELENCO DELLE CUCITURE REALIZZATE NELLA TUTA OMOLOGATIVA	60
FIGURA 3-5. SCHEMA ILLUSTRATIVO DI UNA PROVA DI TRAZIONE ESEGUITA SU PROVINO SOTTOPOSTI ALLA FIAMMA.....	69
FIGURA 3-6. LIVELLI DI OSSERVAZIONE DI UN TESSUTO.....	70
FIGURA 3-7. ILLUSTRAZIONE DELL'ARCHITETTURA DI UNA CELLA ELEMENTARE DELL'ARMATURA PLAIN WEAVE	71
FIGURA 3-9. PROVE DI RESISTENZA ALLA TRAZIONE DELLE SPALLINE PREVISTE A FASCICOLO OMOLOGATIVO DELLA R567...	75
FIGURA 3-10. ILLUSTRAZIONE DELLE CASISTICHE DI REGOLAZIONE DELLE TENSIONI IN UNA MACCHINA DA CUCIRE.....	78
FIGURA 3-11.SHEMA DI FUNZIONAMENTO DI UNA MACCHINA DA CUCIRE.....	79
FIGURA 3-12. RAPPRESENTAZIONE SCHEMATICA DELLE SEI DIVERSE CLASSI DI PUNTI.....	80
FIGURA 3-13. BOZZETTO OMOLOGATIVO DELLA PROPOSTA DELLA PRIME® 2022 DI SPARCO S.P.A.....	83
FIGURA 3-14. SEAMS SCHEME OMOLOGA R568, SPARCO S.P.A	84
FIGURA 3-15. ELENCO DELLE CUCITURE REALIZZATE NELLA TUTA OMOLOGATIVA	86

FIGURA 3-16. PROVE DI RESISTENZA ALLA TRAZIONE DELLE SPALLINE PREVISTE A FASCICOLO OMOLOGATIVO DELLA R568...	91
FIGURA 4-1. GRAFICO TENACITÀ VS ALLUNGAMENTO DEL FILATO GREGGIO (IN ARANCIONE) E NERO (IN BLU), PER GENTILE CONCESSIONE DI MARCHI & FILDI S.P.A.....	97
FIGURA 4-2. CALORIMETRIA DIFFERENZIALE A SCANSIONE REALIZZATA SU TV608 BIANCO, PER GENTILE CONCESSIONE DEL POLITECNICO DI TORINO	98
FIGURA 4-3. CALORIMETRIA DIFFERENZIALE A SCANSIONE REALIZZATA SU TV608 ROSSO, PER GENTILE CONCESSIONE DEL POLITECNICO DI TORINO	98
FIGURA 4-4. ANALISI TGA EFFETTUATE SU CAMPIONE TV608 ROSSO, PER GENTILE CONCESSIONE DEL POLITECNICO DI TORINO.....	99
FIGURA 4-5. ANALISI TGA E CONFRONTO TRA CAMPIONE ROSSO E BIANCO, PER GENTILE CONCESSIONE DEL POLITECNICO DI TORINO	100
FIGURA 4-6. PROCESSO DI TINTURA DI UN FILATO DI NOMEX®... 101	
FIGURA 4-7. STRUTTURA CHIMICA DEL COLORANTE BASIC RED 46	102
FIGURA 4-8. MECCANISMO DI PERMEAZIONE DEL COLORANTE NELLA FIBRA ARAMIDICA, XIN CHEN <i>ET AL.</i> IMPROVED DYEING OF META-ARAMID BASED ON PARTICLE FLOW DYEING MECHANISM USING HOT-PRESSING DYEING METHOD.	102
FIGURA 4-9. ILLUSTRAZIONE DELLA CUCITURA PIATTA REALIZZATA SU HONEYCOMB H220 E 8777	105
FIGURA 4-10. ILLUSTRAZIONE DELLA CUCITURA IN SPORCO REALIZZATA SU HONEYCOMB H220 E 8777	106
FIGURA 4-11. ILLUSTRAZIONE DELLA CUCITURA IN PULITO REALIZZATA SU BTK2287 E PILE PESANTE.....	107
FIGURA 4-12. TITOLAZIONE DEI FILATI.....	109
FIGURA 4-13. TITOLAZIONE DI UN FILATO A TRE CAPI.....	111

FIGURA 4-14. SCHEMA RIASSUNTIVO DELLE VARIABILI DI ESTERNO CON COLORE E CUCITURA.....	114
FIGURA 4-15. ANALISI PRESTAZIONALE DI TV608 ROSSO E H220..	118
FIGURA 4-16. ANALISI PRESTAZIONALE DI TV608 ROSSO E BIANCHINA L2026	118
FIGURA 4-17. ANALISI PRESTAZIONALE DI TV608 BIANCO E H220	119
FIGURA 4-18. ANALISI PRESTAZIONALE DI TV608 BIANCO E BIANCHINA L2026	119
FIGURA 4-19. PROVE DI TRAZIONE REALIZZATE SU TV608 E BIANCHINA L2026, PULITO, TEX 40.....	121
FIGURA 4-20. PROVE DI TRAZIONE REALIZZATE SU TV608 E BIANCHINA L2026, PULITO, TEX 27.....	121
FIGURA 4-21. ANALISI PRESTAZIONALE DI 8777 BIANCO E H220 ..	123
FIGURA 4-22. ANALISI PRESTAZIONALE DI 8777 BIANCO E BIANCHINA L2026	123
FIGURA 4-23. ANALISI PRESTAZIONALE DI 8777 ROSSO E H220.....	124
FIGURA 4-24. ANALISI PRESTAZIONALE DI 8777 ROSSO E BIANCHINA L2026.....	124
FIGURA 4-25. ANALISI COMPOSIZIONALE, CARATTERIZZAZIONE, RIDUZIONE E STRUTTURA DEL TESSUTO 8777 BIANCO.....	130
FIGURA 4-26. ANALISI COMPOSIZIONALE, CARATTERIZZAZIONE, RIDUZIONE E STRUTTURA DEL TESSUTO 8777 ROSSO	131
FIGURA 4-27. MISURA DELL'ANGOLO DI CONTATTO PER IL TV608 BIANCO, PER GENTILE CONCESSIONE DEL POLITECNICO DI TORINO	132
FIGURA 4-28. MISURA DELL'ANGOLO DI CONTATTO PER IL TV608 ROSSO, PER GENTILE CONCESSIONE DEL POLITECNICO DI TORINO	132
FIGURA 4-29. ANALISI ATR-FTIR DI TV608 ROSSO E BIANCO	133

FIGURA 5-1. EVOLUZIONE DEL CONCETTO QUALITÀ (G.MATTANA, 2006).....	136
FIGURA 5-2. SELF-ASSESSMENT MODEL, G. CENTRONE, 2004.....	146
FIGURA 5-3. ALBERO DELLE PRESTAZIONI.....	150
FIGURA 5-4. CALCOLO DELLA RELAZIONE FINALIZZATA AL SISTEMA DI VOTAZIONE	151
FIGURA 5-5. SINOTTICO DEI PROCESSI DELLA SPARCO S.P.A.....	155
FIGURA 5-6. STRUTTURA DELLA DOCUMENTAZIONE NECESSARIA AL SISTEMA GESTIONE QUALITÀ.....	156
FIGURA 5-7. SCHEMA DELLA PROCEDURA PER NON CONFORMITÀ RILEVATE IN ACCETTAZIONE ARRIVI.....	163
FIGURA 5-8. SCHEMA DELLA PROCEDURA PER NON CONFORMITÀ SUL PRODOTTO DURANTE IL PROCESSO PRODUTTIVO.....	164
FIGURA 5-9. DIFETTOSITÀ SU TUTE FORNITE A PRODRIVE MOTORSPORT - MOD.R557 PRIME+	165

ELENCO DELLE TABELLE

TABELLA 1-1. TEST HOUSE APPROVATE IN TECHNICAL LIST N. 65 19	
TABELLA 1-2. PRESTAZIONE MINIME DI TRASMISSIONE DEL CALORE E CALCOLO DI HTI 24.....	21
TABELLA 1-3. RAPPORTO RIEPILOGATIVO DEL TEST DI TRASMISSIONE DEL CALORE STANDARD FIA 8856-2000 NORMA ISO 9151.....	23
TABELLA 1-4. RAPPORTO RIEPILOGATIVO DI UN TEST DI FIAMMA, STANDARD FIA 8856-2000 NORMA ISO 15025	25
TABELLA 1-5. CONFRONTO DEI REQUISITI DI PROGETTAZIONE TRA STANDARD FIA 8856-2000 E 8856-2018	27
TABELLA 1-6. CONFRONTO DEI REQUISITI PRESTAZIONALI TRA STANDARD FIA 8856-2018 E 8856-2000	28
TABELLA 1-7. CONFRONTO DELLE SPECIFICHE DEL RICAMO DI OMOLOGAZIONE TRA STANDARD FIA 8856-2018 E 8856-2000.....	29
TABELLA 1-8. CLASSIFICAZIONE DEGLI INDUMENTI TRAMITE TPP IN ACCORDO CON SFI SPECIFICATION PROGRAM.....	34
TABELLA 1-9. VALORI DI LOI PER LE PRINCIPALI FIBRE TESSILI ...	38
TABELLA 3-1. ELENCO DI ALCUNE CUCITURE PREVISTE A FASCICOLO OMOLOGATIVO DELLA R567	61
TABELLA 3-2. CONDUCIBILITÀ TERMICA DELLE PRINCIPALI FIBRE SINTETICHE UTILIZZATE.....	64
TABELLA 3-3. CONFRONTO DI HTI24 PER TESSUTI CON DIVERSO PESO	64
TABELLA 3-4.ESITI DEI TEST DI TRASMISSIONE DEL CALORE A FASCICOLO OMOLOGATIVO DELLA R567	66
TABELLA 3-5. ESITI DEI TEST DI RESISTENZA ALLA FIAMMA A FASCICOLO OMOLOGATIVO DELLA R567	68

TABELLA 3-6. ESITI DEI TEST DI RESISTENZA MECCANICA A FASCICOLO OMOLOGATIVO DELLA R567	72
TABELLA 3-7. ESITI DEI TEST DI RESISTENZA ALLA FIAMMA DEL CUCIRINO A FASCICOLO OMOLOGATIVO DELLA R567	72
TABELLA 3-8. ESITI DEI TEST DI RESISTENZA ALLA TRAZIONE DELLE CUCITURE STRUTTURALI PREVISTE A FASCICOLO OMOLOGATIVO DELLA R567	74
TABELLA 3-9. ESITI DELLE PROVE DI RESISTENZA A TRAZIONE DELLE SPALLINE PREVISTE A FASCICOLO OMOLOGATIVO DELLA R567	76
TABELLA 3-10. SEAMS SCHEME OMOLOGA R567, SPARCO S.P.A.	78
TABELLA 3-11. ELENCO DI ALCUNE CUCITURE PREVISTE A FASCICOLO OMOLOGATIVO DELLA R568	85
TABELLA 3-12. ESITI DEI TEST DI TRASMISSIONE DEL CALORE A FASCICOLO OMOLOGATIVO DELLA R568	87
TABELLA 3-13. ESITI DEI TEST DI RESISTENZA ALLA FIAMMA A FASCICOLO OMOLOGATIVO DELLA R568	88
TABELLA 3-14. ESITI DEI TEST DI RESISTENZA ALLA TRAZIONE DELLE CUCITURE STRUTTURALI PREVISTE A FASCICOLO OMOLOGATIVO DELLA R568	89
TABELLA 3-15. RISULTATI DELLA CUCITURA RIGUARDANTE LA GAMBA NASCAR PER COMPETITION® R567	90
TABELLA 3-16. RISULTATI DELLA CUCITURA RIGUARDANTE LA GAMBA NASCAR PER PRIME® R568	90
TABELLA 3-17. ESITI DELLE PROVE DI RESISTENZA A TRAZIONE DELLE SPALLINE PREVISTE A FASCICOLO OMOLOGATIVO DELLA R568	91
TABELLA 4-1. RISULTATI DEI TEST CONDOTTI SUI DUE DIVERSI FILATI IN ACCORDO CON LA NORMA EN ISO 2062, PER GENTILE CONCESSIONE DI MARCHI & FILDÌ S.P.A	96
TABELLA 4-2. CONFRONTO ANALISI TGA REALIZZATA SU TESSUTO GREGGIO E TINTO	100

TABELLA 4-3. GRANDEZZA SPECIFICA DEL SI	111
TABELLA 4-4. DATI RELATIVI AL TEST EFFETTUATO SU TV608 BIANCO CON HONEYCOMB 220 PER LA CUCITURA PIATTA CON I TRE DIVERSI CUCIRINI.....	116
TABELLA 4-5. DATI RELATIVI AL TEST EFFETTUATO SU TV608 BIANCO CON BIANCHINA L2026 PER LA CUCITURA PIATTA CON I TRE DIVERSI CUCIRINI	116
TABELLA 4-6. RIEPILOGO DEI RISULTATI CONFORMI ALLE PREVISIONI PER IL TV608.....	126
TABELLA 4-7. RIEPILOGO DEI RISULTATI CONFORMI ALLE PREVISIONI PER IL 8777	127
TABELLA 4-8. ANALISI DI PERMEABILITÀ ALL'ARIA DI SINGOLI TESSUTI E ASSEMBLATI DEI COMPOUND CONSIDERATI, PER GENTILE CONCESSIONE DEL POLITECNICO DI TORINO.....	129
TABELLA 5-1. ANALISI DESCRITTIVA DI UN KEY PERFORMANCE INDICATOR.....	149
TABELLA 5-2. ANALISI DESCRITTIVA DEL KPI RELATIVO AL RAPPORTO R/P	150
TABELLA 5-3. PIVOT DEI TERZISTI RIGUARDANTI LE PRESTAZIONI DEL MESE DI APRILE 2021	152
TABELLA 5-4. ESEMPIO DI VALUTAZIONE MENSILE DELLA PRODUZIONE	153
TABELLA 5-5. ANALISI DELLE DIFETTOSITÀ SU TUTE FORNITE A PRODRIVE MOTORSPORT - MOD.R557 PRIME+	165
TABELLA 5-6. CONTROLLI EFFETTUATI IN ACCETTAZIONE SU PARTITE DI TESSUTO TV130 IN COMPARAZIONE	166
TABELLA 5-7. ANALISI E CLASSIFICAZIONE DELLE DIFETTOSITÀ	170

INTRODUZIONE

0.1 ARGOMENTI

L'abbigliamento sportivo assume, con l'avanzamento tecnologico, una connotazione sempre più orientata verso un obiettivo prestazionale precedentemente meno approfondito ed, in particolare nell'ambito del Motorsport, il semplice capo di abbigliamento adotta un'accezione più completa come dispositivo di protezione individuale integrandosi con le disposizioni imposte dalle organizzazioni no-profit che si occupano di regolamentare e salvaguardare le principali competizioni mondiali ovvero FIA e SFI (principalmente orientata a competizioni che si svolgono negli Stati Uniti).

Sparco S.p.A. è una società italiana specializzata nella produzione di componenti automobilistici e abbigliamento tecnico nata nel 1977 dall'obiettivo di due piloti di Torino, Antonio Parisi ed Enrico Glorioso, di dare più sicurezza al mondo del motorsport in un periodo di grandi incidenti e nel quale la FIA aveva deciso di prendere le dovute precauzioni per ridefinire il concetto di sicurezza. Nel 1978 nasce la prima sede operativa in 38 m².

Nel 1979 inizia l'espansione della società con il trasferimento in una nuova sede di 1.500 m² e l'aumento a 20 del numero dei propri dipendenti.

Fin dagli inizi Sparco ha saputo guadagnarsi il rispetto e la fiducia di molti team e piloti a livello mondiale, in particolare con tute ignifughe, scarpe, guanti, caschi, sedili ed altri accessori omologati per le gare, diventando in breve tempo il più importante e rinomato operatore del mercato mondiale.

E' del 1983 il primo campionato del mondo di F1 "vinto" da una tuta Sparco indossata da Nelson Piquet e, sempre in quell'anno Sparco "vince" il primo campionato del mondo Rally con un sedile montato sulla Lancia 037.

Negli anni a seguire, Sparco incrementa il proprio portafoglio prodotti per raggiungere non solo i team professionisti, ma anche gli utenti finali nel segmento dell'aftermarket.

Inizia, quindi, a produrre su vasta scala sedili, volantini ed altri accessori per rispondere alle esigenze di un vasto mercato in continua crescita come quello del

tuning dando spazio a coloro che si dilettono a dare un'identità alla propria auto producendo accessori di ogni tipo per la personalizzazione dell'auto e verso la fine del decennio l'azienda sviluppa la tecnologia del carbonio che, dopo aver acquisito la divisione compositi della Simbi-Stampal, lancia Sparco B2B introducendosi così nel mondo delle supercar con un'innovazione nei sedili sportivi crescendo rapidamente e annoverando collaborazioni con Bugatti, Lamborghini, Bentley, Maserati, Toro Rosso, Ferrari, Alfa Romeo e AMG.

Nel 1987 la sede viene trasferita a Borgaro (TO) sviluppandosi fino a diventare un complesso di 9 edifici su 12.000 m² con 160 persone impiegate ed un indotto locale di circa 300 persone.

Nel 1994 la direzione con obiettivo di ridurre i costi industriali la Sparco apre una nuova sede operativa sul territorio tunisino nella regione di Grombalia a 60 Km da Tunisi con il nome di CAP BON SPORT per la produzione di sedili in vetroresina per il settore tuning e racing.

Nel settembre del 2002 Sparco avvia un'importante riorganizzazione societaria per affrontare con mezzi finanziari più cospicui e nuove risorse manageriali, la sfida della globalizzazione, con un'operazione di private equity, i soci fondatori, Antonio Parisi ed Enrico Glorioso, consentono l'ingresso a nuovi azionisti: i due fondi Argos Soditic e Raffaello (rispettivamente con il 35,7% e il 29,7%), la famiglia Gazzoni Frascara (6%) e un nuovo management (3,6%) capitanato da Diego Basso.

Il riassetto permette a Sparco di affrontare la sfida del mercato globale con un management qualificato e di vasta esperienza internazionale e di penetrare nuovi mercati e nuovi settori pur mantenendo lo sviluppo del proprio core business.

Successivamente nel 2004 e, più tardi, nel 2010 vengono pian piano trasferiti gli altri due processi produttivi consolidati presso il territorio italiano (ovvero l'abbigliamento e la produzione del composito in carbonio).

Successivamente, nel 1996, nasce in California (USA) Sparco Motor Sport Inc. con l'obiettivo di espandersi nel più vasto e competitivo mercato motoristico sportivo del mondo, duplicando i successi ottenuti in Europa.

Nel 2017 Sparco segna un nuovo traguardo con Prime SP-16, una tuta innovativa rimasta in sperimentazione per circa due anni che si presenta come la tuta da Formula 1 più leggera al mondo per soli 240 g/m².

Oggi la maggior parte dei piloti professionisti del mondo "vestono" prodotti Sparco, dalle scarpe al casco, così come le loro vetture sono equipaggiate Sparco, dal sedile al roll bar.

Sparco è quindi oggi riconosciuto come leader assoluto del mercato, impiega oltre 230 persone nel mondo e la sua crescita nel corso degli anni è stata costante: SPARCO con un fatturato che è passato dai €8,4 milioni nel 1992 ad oltre €50 milioni nel 2002 rappresenta una delle più dinamiche realtà italiane nel mondo.

Nel 2009 Il Dr. Aldino Bellazzini diventa l'azionista di maggioranza di Sparco e punta tutto sull'innovazione prodotto. La filosofia Sparco ha un nuovo sostenitore.

Ad oggi Sparco occupa 350 persone distribuite in 5 sedi su tre continenti: Volpiano, Leini, Irvine (US), Sao Paulo (Brasile), Grombalia (Tunisia), la distribuzione della quale raggiunge 60 paesi in tutto il mondo.

La divisione Sparco B2B (stabilimento di Leini) ha inoltre ottenuto una nuova certificazione di qualità, la ISO TS 16949:09.

L'obiettivo della tesi nasce dalla necessità di un'analisi sempre più accurata della confezione di una tuta da racing in funzione dei più stringenti requisiti della normativa FIA 8856-2018 rispetto alla FIA 8856-2000. La tesi verrà inoltre sviluppata in parallelo ad un progetto di lancio di nuove tute omologative da parte dell'azienda in modo da poter osservare attentamente la procedura di analisi e realizzazione della confezione e dell'ottenimento della certificazione sopra citata.

Il progetto sorge inoltre in accordo con la possibilità fornita dall'azienda di approfondire ciò che concerne l'aspetto qualitativo della confezione intesa come prevenzione delle problematiche.

L'occasione di osservare entrambe le dinamiche secondo una prospettiva ibrida permette infatti di identificare le criticità, analizzarle e prevenirle prima ancora che queste richiedano un'azione correttiva in fase produttiva.



Figura 0-1. Evoluzione del logo Sparco

0.2 ORGANIZZAZIONE DELLA TESI

La tesi si prefigge l'obiettivo di analizzare l'importanza della confezione nella realizzazione di una tuta da racing per piloti di gare automobilistiche, professionistiche e non, approfondendo i requisiti sempre più restringenti imposti dalla normativa FIA 8856-2018 e rispettati dall'azienda ospitante.

L'obiettivo è quello dunque di analizzare l'aspetto tecnico in funzione dell'ottenimento della certificazione FIA da un punto di vista prestazionale così da massimizzare la tenuta alla trazione e la fruibilità del pilota unendovi anche un aspetto legato all'estetica del prodotto e le richieste del consumatore.

Lo sviluppo del prodotto viene infatti inteso come studio dei requisiti atti a soddisfare la normativa ai fini di classificarlo, non solo come articolo sportivo, ma anche come indumento di protezione individuale¹.

Il progetto verterà inizialmente su una breve analisi delle fasi produttive della tuta, concentrandosi poi sulla strutturazione delle tecniche di confezione adeguate per la fase di testing del prototipo affrontando sperimentazioni e problematiche legate ai costituenti in primissimo luogo rapportandosi ai parametri imposti dalla normativa.

L'analisi dello sviluppo di un prototipo e, dunque, l'ottenimento delle certificazioni necessarie ad immetterlo nel mercato come strumento di protezione uniformandosi anche alle condizioni di prodotto inteso come bene di consumo saranno il fulcro del progetto cercando di modellizzare la prestazione della confezione, quando sottoposta ai test meccanici previsti, secondo eventuali variabili di colore, esecuzione della cucitura, uso del cucirino e armatura del tessuto.

I materiali, le soluzioni e lo sviluppo tecnico dei prodotti analizzati si riferiscono a specifiche casistiche affrontate durante l'esperienza nell'azienda ospitante in modo più approfondito e non all'intera proposta della stessa. I requisiti necessari all'ottenimento della certificazione FIA sono molteplici e di uguale importanza, l'analisi della confezione nello specifico deriva unicamente dall'idea di avviare un progetto atto ad approfondire la tematica in quanto, per i motivi sopra citati, risulta in continua evoluzione.

La tesi prevedrà anche un approfondimento su ciò che riguarda l'apparato normativo e l'organizzazione del Sistema Qualità in azienda andando ad analizzare delle tematiche specifiche e ripercorrendo quelle che sono state le strategie adottate dall'azienda in primo luogo. Grazie al contributo del personale stesso inoltre è stato possibile ottenere lo spazio per osservare in prima persona una valutazione dei confezionisti permettendomi di apportare il mio contributo entrando a far parte della logica e dell'organizzazione aziendale.

I modelli analizzati fanno riferimento solo ad una parte dei prodotti proposti da Sparco e, più nello specifico, a tute da racing per piloti concorrenti in campionati di Formula 1, Formula E, Formula 3, Formula 4, campionati di Rally e Gran Turismo che si presentano come prodotti prettamente ignifughi garantendo protezione al fuoco e al calore ed escludendo i prodotti Kart che si impegnano invece principalmente nella protezione all'abrasione.

CAPITOLO 1

IL MOTORSPORT

1.1 IL CONTESTO

“How fast can you get out of your car while blindfolded and holding your breath? Have you practiced fast exits? Are you ready? Please think about it. Be fast and safe, and always wear all of your safety gear. Thank you, Sparco for making the best safety gear, it was absolutely essential in saving my life”

- Charles Espenlaub

Una corretta espressione dell'importanza dei dispositivi di protezione individuale in un ambito come il motorsport non può che essere identificata in una delle occasioni più memorabili che la Sparco possa annoverare tra i suoi successi: nel dicembre del 2009 il pilota del Team MER Super Mazda MX-5, in occasione della settima competizione annuale della 25 ore NASA, iniziò a riscontrare delle problematiche riguardanti la sua vettura finché questa non prese fuoco in una violenta esplosione trasformando il suo pilota, come lui stesso si è definito, in una torcia umana. Il principio di funzionamento del capo ignifugo, che verrà approfonditamente affrontato nell'elaborato, permise a Charles di uscire indenne e sulle sue gambe dalla vettura segnando un record di 20'' di protezione (purtroppo il pilota subì un'ustione alle mani appoggiandosi al guardrail) salvandogli la vita.

Il pilota era totalmente vestito Sparco e, come lui stesso dichiara, a Sparco egli deve la sua vita.

Per comprendere appieno la complessità dello sviluppo di una tuta da racing occorre inizialmente analizzare quello che è il contesto nel quale questa prende vita. Il mondo del motorsport è annoverato tra gli scenari più pericolosi del mondo dello sport perché considera sia eventuali casistiche, incidentali e non, di incolumità del pilota sia l'aspetto che riguarda la condizione psicofisica dello stesso che si sottopone a situazioni di stress opprimente.

Per “*dispositivi di protezione individuale*” altresì detti DPI si intende un qualsiasi accessorio o strumento atto ad essere indossato e proteggere il soggetto sottoposto ad uno o più rischi suscettibili a minacciarne la salute o la sicurezza.

Nei termini sopra introdotti perciò si andranno a valutare le prestazioni del prodotto nel contesto dei rischi che il motorsport concerne ottemperando anche a tutte quelle richieste e necessità imposte dal pilota al fine di agevolare il più possibile il raggiungimento di una situazione di benessere psicofisico secondo le caratteristiche che andremo ad analizzare.

La consapevolezza della pericolosità di questo sport è tuttavia parte del suo successo in quanto adrenalina e agonismo hanno regalato all’automobilismo il successo del quale gode tutt’ora. Questa stessa consapevolezza nasce anche dal fatto che l’eliminazione del rischio è impossibile. L’innovativa tecnologia ed il miglioramento dei sistemi di protezione dei veicoli stessi unita alla continua ricerca nel settore dei DPI ha portato al raggiungimento di condizioni quasi ottimali per i piloti e per tutti coloro che, anche in secondo piano, sono legati al contesto in questione per un tempo necessario all’arrivo dei soccorsi ma non esclusivo per l’incolumità del soggetto.

Risulta presto intuitivo il pensiero per cui, soprattutto in questo settore, la cura del prodotto e l’attenzione al dettaglio assumano un’accezione profondamente diversa in quanto comprendono esse stesse un ruolo fondamentale nell’incolumità dell’essere umano.

1.1.1 PRINCIPALI RISCHI E FATTORI CONSIDERATI

Le principali caratteristiche che in fase di testing del prototipo vengono considerate sono: calore, fiamma e trazione.

La Sparco nasce nel 1977 a seguito di due degli incidenti più gravi della Formula 1 ovvero quello del Gran Premio di Monza del 1961 in cui la Ferrari di Von Trips collide con la Lotus di Jim Clark finendo contro le reti di protezione causando la morte di quindici spettatori che assistevano alla corsa e quello del 1976 che costò gravi ustioni a Niki Lauda ma che fortunatamente riuscì ad uscirne vivo.

Oltre ai casi più eclatanti risulta quasi intuitivo identificare le cause principali di morte in incendi (Roger Williamson), traumi da corpo contundente o da penetrazione (Tom Pryce e Ayrton Senna) o traumi specifici dovuti qualche volta a problemi legati alla sicurezza delle autovetture stesse (Gilles Villeneuve). Ne va da sé che l’azienda insorge in un momento di massima criticità del mondo dell’automobilismo in cui la media era quasi di una morte a stagione per quanto riguarda i piloti (ciò considerando appunto solo i campionati maggiori).

Ciò che va inoltre approfondito non riguarda solo il rischio affrontato dal pilota in prima persona ma anche da tutto ciò che ne comprende l'ambiente, prova ne sono i numerosi casi di incendio verificatisi in fase di rifornimento come il noto caso del Gran Premio di Germania del 1994 dove la pompa non entra perfettamente nel serbatoio finendo sul motore e causando un incendio che compromise pilota (Jos Verstappen) e meccanici. Proprio a seguito di una lunga serie di eventi incidentali legati al rifornimento di carburante, questo venne vietato in gara in fase di pit stop a partire dal 2010 per motivi di budget e sicurezza. La quantità di carburante viene misurata e regolamentata in funzione del peso arrivando, nel 2019, a definire che una vettura poteva contenere 110 kg di carburante per gara (contro i 105 del 2018, cambiamento volto a eliminare la pratica del "fuel saving" per i piloti) e nel 2020 è stata regolamentata la quantità di carburante conservabile al di fuori della Power Unit passando a 250 ml decrementando di 2 l rispetto all'anno precedente così da impedire alle squadre di conservare eccessive quantità di carburante al di fuori del serbatoio.

Va ricordato inoltre che anche il carburante utilizzato deve sottostare a restrittive linee guida introdotte dalla FIA nel 1996 per la Formula 1 dove, dato il MON (Motor Octane Number) e il RON (Research Octane Number) si impone che il valore

$$\text{RON} + \text{MON}/2 \quad (1.1)$$

non debba essere inferiore a 87 poiché tale valore esprime la resistenza alla detonazione di un certo carburante².

Maggiore è il numero e maggiore risulta la resistenza allo scoppio evitando combustioni spontanee incorrendo invece in detonazioni regolari, al contrario al di sotto di tali valori si incide nel rischio di assistere a combustioni anticipate con la possibilità di incorrere in gravi danni al motore.

In ogni caso è inevitabile che il momento del rifornimento, per innumerevoli fattori come temperature in gioco, quantità di combustibile e personale coinvolto, venga considerato come uno dei momenti a maggior indice di rischio della gara.

Per quanto riguarda tutto ciò che concerne infortuni del sistema testa-collo come eventuali fratture della base cranica nel 2003 sono stati introdotti dei sistemi di protezione come il supporto HANS (Head and Neck Support) che aiuta ad evitare che il collo venga sottoposto a forze di trazione eccessive riducendole di più dell'80% permettendo di stare sotto ai 336 kg di carica totale che corrispondono al limite massimo di infortunio (Robert Kubica sopravvisse ad un impatto contro le barriere di cemento di 230 km/h).

A sua volta l'abitacolo dell'automobile è costituito da una vera e propria armatura di sei millimetri di carbonio e Zylon come fossero una corazza esterna così da assorbire in deformazione l'energia scatenata in caso di episodio violento³.

Ciò che risulta fondamentale comprendere è che le considerazioni sulla sicurezza non devono limitarsi al verificarsi di simili tragedie ma devono invece essere sempre attuali. Non è pensabile inoltre ritenere che esista una soluzione unica alla sicurezza ma bisogna considerare il fatto che ogni precauzione presa costituisca un'alterazione dell'ambiente in analisi, sicuramente prevenendone dei rischi, ma magari introducendone degli altri (basti pensare, ad esempio, all'idea di introdurre vie di fuga in ghiaia che riducono notevolmente lo sbando ma che alterano la percezione del rischio inducendo il pilota a spingersi sempre oltre).

Un altro aspetto fondamentale da considerare è la preparazione del personale in fase di soccorso: ogni pilota deve dimostrare di riuscire ad evacuare l'abitacolo in un tempo limite ma risultano di importanza cruciale anche la tempestività e la preparazione dei soccorsi per preservare l'incolumità del pilota e indubbiamente del soccorritore stesso che deve esporsi al pericolo il minor tempo possibile.

Risulta perciò persino superfluo sottolineare che le tute ignifughe, in grado di sopportare le elevate temperature sino ad un tetto massimo di 850 °C permettendo la sopportazione dell'energia termica scatenata di natura convettiva e radiante, non si prefiggono l'obiettivo di far rimanere completamente illeso il pilota o chi per esso a seguito di un incidente ma bensì di permettere ad esso di sopravvivere per un tempo utile ad essere soccorso con successo lavorando in completa sinergia con gli elementi di sicurezza che, a partire dal veicolo stesso per concludere con l'abbigliamento, permettono nel loro complesso di guadagnare tempo.

1.1.2 CONDIZIONI PSICOFISICHE DEL PILOTA

“Mens sana in corpore sano”

Un altro aspetto di fondamentale importanza è il benessere psichico e fisico del pilota che, se rapportato ad un contesto in cui le condizioni di svolgimento sono portate a livelli estremi, risulta essere cardinale sia da un punto di vista intuitivo prestazionale sia dal punto di vista della sicurezza e della lucidità. Mai come in questo sport risulta immediato collegare i due aspetti ed è ampiamente dimostrato quanto una perfetta condizione fisica del pilota lo renda maggiormente in grado di affrontare con lucidità condizioni di forte stress.

Recenti studi⁴ dimostrano che i piloti possiedono un'efficienza cerebrale che li rende capaci di resistere a particolari condizioni di stress eseguendo compiti difficili con il minimo dispendio energetico ed in condizioni di estrema lucidità (qualità che

ovviamente contraddistingue in un'accezione più generale un individuo che risulta evidentemente capace di distinguersi in ogni ambito della vita) definita come "efficienza neurale" distinguendoli come individui nettamente superiori alla media della popolazione. Il rendimento prestazionale di un pilota infatti considera un contributo mentale nettamente superiore di quello considerato dall'aspetto fisico.

Un pilota infatti possiede tempi di reazione a livello di arti superiori ed inferiori eccellenti, altrettanto pregevoli capacità di controllo e concentrazione ed una considerevole capacità di giudizio oggettivo della propria prestazione che si traduce nella propensione al miglioramento anche, e soprattutto, in condizioni di stress. Caratteristiche imprescindibili sono perciò dedizione, perfezionismo, autostima ai fini del controllo dell'ansia, competitività e apertura mentale.

In fase di gara queste caratteristiche si traducono in un accurato controllo visivo-spaziale e del movimento che, se rapportato alle prestazioni reclamate ad una tuta, si riversano nella resistenza alla trazione nelle zone più critiche come spalle e busto e il raggiungimento del compromesso tra gli standard di protezione e la massima leggerezza raggiungibile sia in quanto a spessore della tuta sia per quanto riguarda la confezione che dovrà risultare performante ed al tempo stesso il meno invasiva possibile per creare minori condizioni di stress possibili per il pilota così che la concentrazione non ne venga mai compromessa.

In tale circostanza risulta quasi intuibile immaginare quanto il confort sia fondamentale per l'individuo che si trova a dover affrontare una situazione in cui le condizioni ambientali e operative si discostano molto da quelle naturali.

Durante una competizione di Formula 1 è stato stimato che la frequenza cardiaca di un pilota si aggira intorno ai 180 e i 200 bpm mentre per le corse su tracciati ovali e su strada la media si riduce a 142 e 152 bpm⁵. L'aumento del battito cardiaco in fase di gara viene imputato principalmente a due fattori: lo sforzo fisico in primo luogo ed un fattore ormonale adrenalinico dipendente dalla competizione e dallo stress che deriva da un aumento dell'output del Sistema Nervoso Autonomo. Verosimilmente i fattori in gioco non saranno solo dipendenti dalle condizioni fisiche e mentali dell'atleta ma anche da quelle ambientali come la temperatura, la velocità, le vibrazioni in gioco e le accelerazioni.

Monitorando la frequenza cardiaca di un pilota durante una competizione si osserva quanto, a parità di sforzo fisico, questa tenda ad aumentare con il tempo e ciò accade perché durante un'attività prolungata con stress termico il sistema cardiovascolare dovrà provvedere sia allo sforzo muscolare sia alla termoregolazione come constatato da Ladell e Watkins nel 1956 ad ogni aumento di +1 °C nella temperatura corporea corrisponde un aumento di circa 25 bpm⁵.

Conseguenza immediata di questo fenomeno, senza considerare l'aumento della temperatura vigente nell'abitacolo, è l'aumento della sudorazione stessa che porterà ad una conseguente disidratazione che conseguenzialmente indurrà una

diminuzione del $\text{VO}_2 \text{ max}$ (ovvero il massimo consumo di ossigeno) e perciò delle prestazioni fisiche.

In breve, una perdita in liquidi corporei pari al 4% in peso determina un calo di prestazioni fisiche pari al 20-30% e perciò una forte riduzione nelle capacità di endurance del pilota.

In tale circostanza la tuta assume un ruolo pressoché fondamentale poiché deve garantire una corretta traspirazione e non deve indurre un eccessivo aumento della temperatura corporea del pilota.

Non è raro che l'atleta venga colpito da un collasso anche in fase di premiazione, e dunque a gara ultimata, dove la temperatura corporea arriva anche a valori di 39°C spingendo l'innovazione dello sportswear verso un assottigliamento degli indumenti di protezione (conservando le performances) e verso l'introduzione di elementi di raffreddamento esterno come "*CoolShirt*" (che tuttavia introducono l'ulteriore disagio di un aumento dell'ingombro per il pilota) o abbigliamento interni mentolati.

Ulteriore aspetto da considerare è l'accelerazione gravitazionale che viene costantemente impressa sul corpo del pilota in fase di competizione. Quando questi è sottoposto ad un valore di g_z (componente dell'accelerazione che si sviluppa lungo l'asse z) positiva risulta difficoltosa anche la respirazione e anche lo sforzo dell'apparato cardiovascolare necessario a pompare sangue al cervello aumenterà.

Le accelerazioni alle quali è sottoposto un corpo sono principalmente di natura antero-posteriore e laterale e raggiungono anche valori di 5G laterali mentre, dopo un rettilineo come quello dell'Autodromo nazionale di Monza, possono arrivare anche a 6,7G (in caso di eventi incidentali questi valori arrivano a toccare vette nettamente più alte, basti pensare che durante il Gran Premio d'Italia Marcus Ericsson collise contro un muro a circa 320 km/h impatto che indusse la sua vettura a ruotare e a sottoporlo ad un'accelerazione di 28G annoverando il più elevato valore registrato nella Formula 1).

Oltre ad un intuitivo problema legato ad una natura prettamente traumatica, l'aumento della forza G determina anche seri problemi visivi al pilota che dovrà affrontare disturbi della circolazione se sottoposto ad accelerazioni superiori a 2-3G o più semplicemente ad un effetto che viene chiamato "eyeballs out" ovvero una fuoriuscita dei bulbi oculari in fase di frenata che implica una temporanea vasocostrizione dei vasi sanguigni oculari determinando una sorta di velo grigio (ovvero una forte diminuzione della capacità visiva del pilota) o nel peggiore dei casi il velo nero (totale ostruzione).

Dal momento che i sistemi di protezione esterni al pilota tendono perciò a costringerne i movimenti per elevarne l'incolumità, compito dell'abbigliamento sarà di coniugare la natura protettiva alla possibilità di alleggerire il più possibile le condizioni di stress e l'agiatezza dell'equipaggiamento.

1.1.2.1 COMFORT TERMOFISIOLOGICO DI UNA TUTA DA RACING

Dal momento in cui si attesta l'importanza del comfort finalizzato alle prestazioni del pilota in prima persona, sono stati condotti studi approfonditi in camera climatica al fine di determinare le caratteristiche in fase di termoregolazione, sudorazione e traspirazione di alcune tute prodotte dall'azienda ospitante (particolare interesse risiede in un tessuto innovativo chiamato Hocotex®¹).

Nello specifico sono stati condotti degli studi su tre tipologie di tute Sparco in analisi del benessere termofisiologico da esse determinato per mezzo di test di indosso in una camera climatica⁶ così che venissero simulate le condizioni ambientali nelle quali i tester, ovviamente soggetti volontari, hanno svolto simulazioni di guida su simulatori forniti da Sparco. I test sono stati realizzati in giornate ravvicinate alla medesima ora in modo tale che venissero minimizzate le variabili determinate dal ciclo circadiano dei soggetti in questione.

Le condizioni della camera climatica con la quale sono stati condotti gli studi sono:

- Temperatura dell'aria $T_a = 48,44 \pm 0,10$ °C
- Umidità relativa $RH = 49,37 \pm 1,01\%$

Durante la prova sono stati periodicamente rilevati: temperatura e umidità relativa della pelle, temperatura e umidità relativa del microclima tra pelle e maglia e tra maglia e tuta nella zona del torace, sudore prodotto, sudore residuo nell'abbigliamento, frequenza cardiaca. E' stata eseguita infine un'analisi termografica della superficie esterna della tuta al termine del test.

I tester che hanno partecipato alla rilevazione dei dati corrispondono a tre tester di sesso maschile con età compresa tra i 20 e i 25 anni e durante le prove i tester hanno indossato slip, balaclava, pantaloni, calze corte sportive, casco, tuta, guanti e scarpe da ginnastica.

I test condotti sono stati dunque suddivisi in tre diverse fasi:

1. Acclimatamento alle condizioni del test;
2. Fase attiva di simulazione di guida simulando una Gran Turismo BMW M235i Racing;
3. Recupero all'esterno della camera climatica;

¹ La scheda tecnica dell'Hocotex® viene riportata nell'appendice B.

La temperatura media cutanea è stata misurata in accordo con UNI EN ISO 9886

$$T_{sk} = T_{forehead} * 0,07 + T_{scapula\ dx} * 0,175 + T_{chest\ sx} * 0,175 + T_{deltoid\ dx} * 0,07 + T_{elbow\ sx} * 0,07 + T_{hand\ sx} * 0,05 + T_{tigh\ dx} * 0,19 + T_{calf\ sx} * 0,20 \quad (1.2)$$

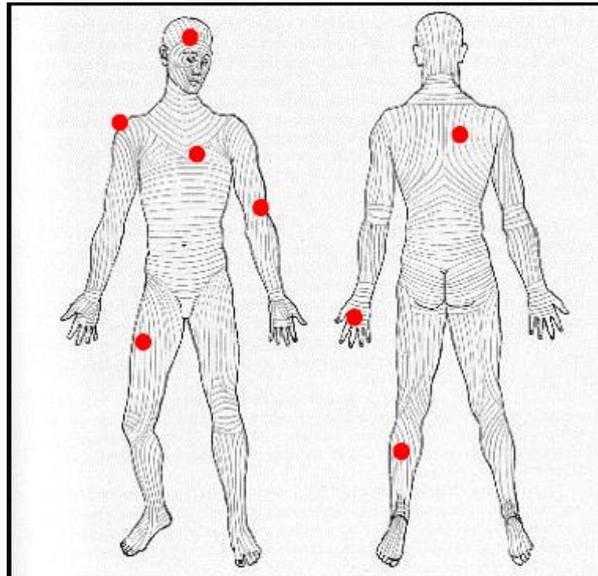


Figura 1-1. Illustrazione del posizionamento dei rilevatori dei parametri considerati

La temperatura media cutanea del distretto corporeo del torso invece è stata calcolata mediante la formula (che non si associa ad un regolamento internazionale)

$$T_{skin_Torso} = T_{scapula\ dx} * 0,4167 + T_{chest\ sx} * 0,4167 + T_{deltoid\ dx} * 0,1667 \quad (1.3)$$

Analogamente, formule simili sono state usate per misurare l'umidità relativa media e del polso. Inoltre per valutare eventuali variazioni di temperatura di differente natura sono stati posizionati dei sensori sul polso destro e sulla caviglia sinistra.

La temperatura e l'umidità del microclima invece sono stati misurati tramite l'utilizzo di alcuni sensori fissati sulla maglia mentre per quanto riguarda la quantità di sudore ci si è avvalsi di misurazioni di peso del tester e dell'abbigliamento indossato prima e dopo il test.

Come accennato in precedenza sono state inoltre realizzate analisi della frequenza cardiaca e termografiche della tuta.

I risultati verranno riassunti riportando unicamente i dati rilevati la temperatura media cutanea (risultati simili alla temperatura media del torso) e del microclima maglia e tuta (risultati simili al microclima maglia e pelle) come di seguito

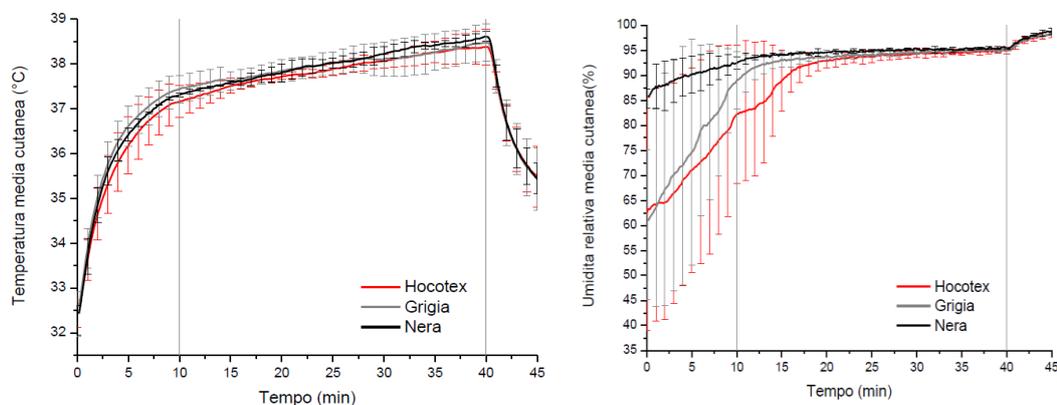


Figura 1-2. Andamento della temperatura media cutanea e dell'umidità relativa dei tre tester con deviazioni standard

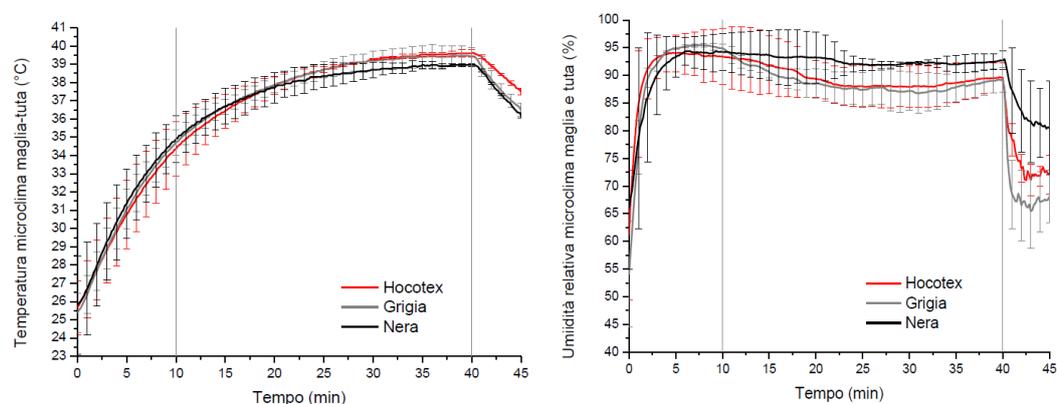


Figura 1-3. Temperatura e umidità relativa del microclima tra maglia e tuta con deviazioni standard

Analogamente vengono riportati i risultati relativi alle misurazioni della sudorazione individuando il sudore residuo come somma del sudore osservato nel balaclava, maglia, guanti, tuta, pantaloni e casco.

Va considerato che per tutti i calcoli la tuta nera ha subito una misurazione in meno.

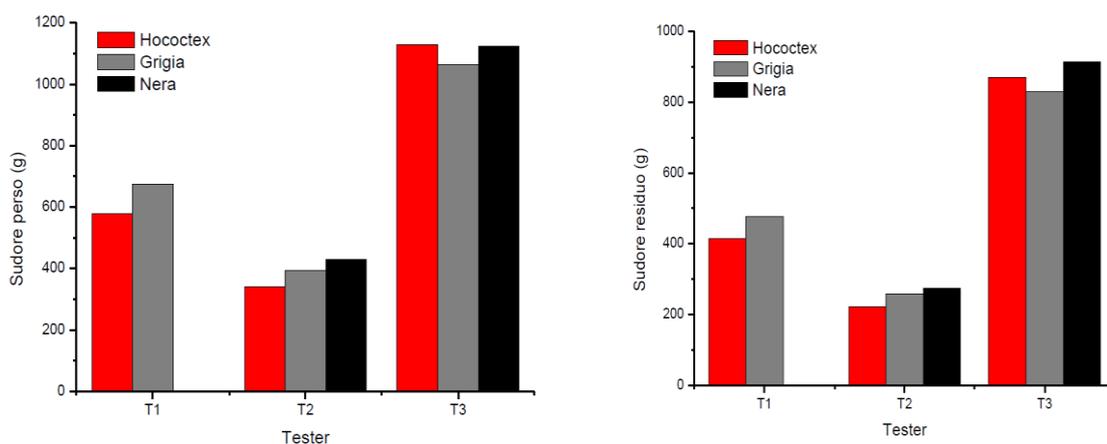


Figura 1-4. A e B sudore perso e sudore residuo per i tre tester in ciascun test

Per comodità viene poi riportata unicamente la frequenza cardiaca del tester 2 che mostra più limpidamente le differenze di comportamento al variare del tessuto

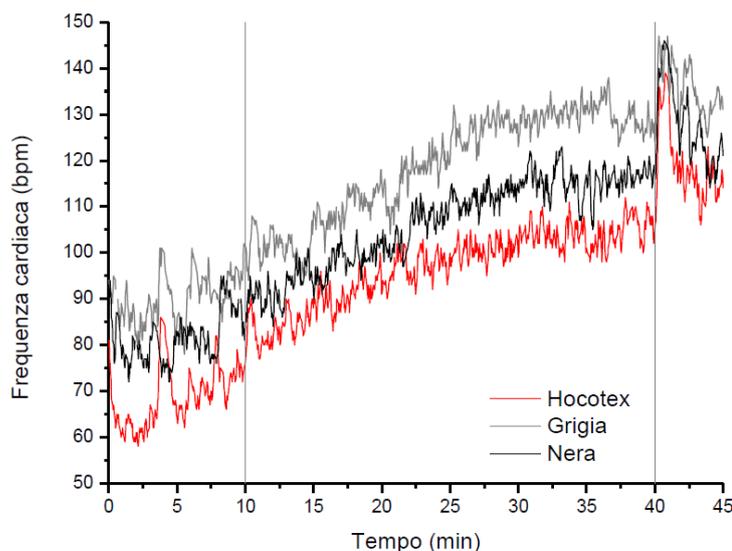


Figura 1-5. Frequenza cardiaca del tester 2

Sulla base dei dati ottenuti, sono stati riorganizzati i risultati e sono state sottolineate delle evidenze riguardanti le temperature medie raggiunte. La tuta nera e la tuta grigia infatti, malgrado la tuta nera presentasse un +40% in peso rispetto alla tuta grigia, si comportano in modo non eccessivamente scostante l'una dall'altra.

La tuta in Hocotex®, invece, nonostante si mostri più pesante delle prime due evidenzia risultati nettamente migliori e risultati, in media, più soddisfacenti si riscontrano anche per quanto riguarda il calcolo dell'umidità relativa.

Per quanto riguarda le condizioni al microclima si osservano risultati pressoché simili ma nuovamente si notano dei discostamenti per quanto riguarda le prestazioni dell'Hocotex® in termini di sudore perso e anche per quanto riguarda il calcolo del sudore residuo si osservano dei valori di sudore trattenuto nettamente minori delle altre due e questo dato si ripercuote nel calcolo della temperatura superficiale del sotto-tuta dove nel caso dell'Hocotex® riscontriamo valori maggiori proprio a causa della minore quantità di sudore presente e perciò allontanata per effetto dell'evaporative cooling.

In generale si può concludere che l'innovativo materiale Hocotex® utilizzato nella produzione della tuta che è stata presa in considerazione per la conduzione del test presenta un comportamento migliore sia in termini di traspirazione che in termini di trattenimento dei liquidi. La ricerca e sviluppo di questo tipo di materiale nasce infatti dalla necessità di soddisfare le richieste dei piloti che vertono in condizioni di temperature e umidità estremamente privativi all'interno dell'abitacolo (ancor più enfatizzato nelle gare a lunga durata come le competizioni di Endurance) e che dunque necessitano che l'abbigliamento protettivo permetta loro di raggiungere una condizione che si avvicini il più possibile al benessere termofisico.

Va da sé la riflessione per cui una condizione di traspirabilità competa con la caratteristica di resistenza alla trasmissione del calore richiesta dallo standard FIA 8856:2018 e perciò risulti necessario al produttore trovare un equilibrio tra queste due caratteristiche cardine.

1.2 L'APPARATO NORMATIVO

1.2.1 FIA

La *Fédération Internationale de l'Automobile* (FIA in sigla) nasce il 20 giugno 1904 e conta più di duecento Automobile Club in 144 paesi del mondo con sede a Parigi.

I campionati mondiali ad oggi regolamentati dalla FIA sono: Formula 1, Karting, Rally, Endurance, Rallycross e Formula E.

L'organizzazione si fa carico di rappresentare gli interessi delle principali organizzazioni automobilistiche di tutto il mondo e di chi ne fa parte. Negli anni ha inoltre assunto un ruolo fondamentale anche nella sensibilizzazione e nel miglioramento della sicurezza stradale anche fuori dall'ambito delle competizioni di caratura mondiale.

Nel motorsport l'importanza della marcatura "FIA Homologated" implica un sigillo di qualità e sicurezza per l'equipaggiamento del pilota.

Le normative, le restrizioni e i controlli condotti dall'organizzazione sono in continua evoluzione e si prefiggono l'obiettivo di continuare a migliorare le condizioni di sicurezza, disciplina e concorrenza leale a tutti i livelli di competizione aggiornando e migliorando i criteri di giudizio sulla base dell'innovazione tecnica e scientifica. Di recente introduzione infatti sono le considerazioni relative all'introduzione di dispositivi di controllo e protezione all'elettricità derivanti dall'inserimento di competizioni come la Formula E nell'ambito dell'abbigliamento.

1.2.2 FIA STANDARD 8856-2018

La necessità di regolamentare e uniformare dei parametri di valutazione della conformità dell'equipaggiamento, nel caso specifico dell'abbigliamento, del pilota si riflette nella disposizione della stesura di una regolamentazione che imponga, appunto, degli standard di necessario dominio ai fini del disciplinamento e della partecipazione di competizioni ufficiali.

La normativa 8856-2018⁷ sorge sulle ceneri della precedente normativa FIA 8856-2000⁸ apportando alcune modifiche in ambito di requisiti maggiormente stringenti

ed introducendo l'attenzione nei confronti di tematiche nuove e precedentemente non riscontrate.

Le modifiche introdotte in ambito generale rispetto alla precedente sono: miglioramento dei requisiti di protezione alla trasmissione del calore, definizione di una più dettagliata "procedura post-omologazione" dei prodotti omologati e lo studio per l'introduzione della protezione elettrica per l'abbigliamento protettivo dei piloti.

La nuova normativa, entrata in vigore appunto nel 2018, si prefigge di sostituire la precedente al termine del corrente anno.

I parametri richiesti al fine di ottenere la certificazione sopra citata necessitano di essere analizzati presso delle precise *test house* approvate dall'organizzazione stessa riportate nella Technical List n°65 di cui sotto:

Centre d'essai <i>Test House</i>
CENTRO TESSILE CONTONIERO & ABBIGLIAMENTO S.p.a. - CENTROCOT
CSI Spa
SHIRLEY TECHNOLOGIES LIMITED trading as BTTG

Tabella 1-1. Test House approvate in Technical List n. 65

L'equipaggiamento del pilota in termini di abbigliamento si articola in underwear (top e bottom) che deve coprire il pilota dal collo alle caviglia, calze che garantiscono la protezione sino al polpaccio, sottocasco (balaclava) che veste aderente il capo lasciando lo spazio necessario all'apertura visiva coprendo fino al collo, scarpe che si estendono oltre le caviglie, guanti e tuta realizzata in multistrato. Ogni sistema di apertura o di chiusura deve essere a sua volta protetto da uno strato ignifugo, eventualmente è possibile ottemperare a particolari richieste del pilota apportando delle modifiche ai sistemi di protezione come ad esempio occasionali

aperture aggiuntive a patto che queste non superino l'apertura complessiva di 100 cm² nell'underwear.

Diverso è il discorso per ciò che invece deve dimostrare particolare resistenza alle condizioni di utilizzo per eludere la possibilità che il corpo del pilota o dell'operatore in sé venga eventualmente esposto all'ambiente esterno ed è proprio in tale contesto che prende luogo una definizione modificata di quelle che sono le cuciture strutturali ovvero quelle che si presentano come unione di due strati esterni di tessuto e che se infrante porterebbero ad un'esposizione di uno strato intermedio o interno che ridurrebbe le performance di protezione del prodotto.

Vengono dunque definiti i requisiti fisici che il DPI deve soddisfare al fine di garantire la protezione necessaria al fruitore. Le verifiche possono essere condotte in uno dei siti produttivi, durante un evento o una competizione o direttamente presso uno dei canali di distribuzione ed effettuati in uno dei laboratori approvati. Se il campione non dovesse risultare conforme verranno eseguite delle seconde verifiche e, se il campione ancora non dovesse soddisfare gli standard disposti, questo verrà privato della certificazione e non verrà più accettato per gli eventi regolamentati FIA.

Ai fini dell'omologazione, completate le prove necessarie (che verranno approfondite in seguito), in caso di esito positivo verrà dunque redatto un test report che sia così strutturato:

1. Test report compilato dalla test house nel quale sono state condotte le procedure, ogni campo deve essere compilato con le informazioni necessarie e con l'esito della prova, talvolta introducendo foto o qualsiasi commento la test house reputi meritevole di menzione. La persona che ha seguito e condotto la pratica dovrà infine firmare e certificare il documento;
2. Il rappresentante dell'ASN (National Sporting Authorities) dovrà compilare e firmare a sua volta il test report;
3. La FIA, se pedissequamente seguiti gli step precedenti, assegnerà l'omologazione al prodotto;

Vengono dunque riportati di seguito i test condotti in fase di omologazione per un capo ignifugo allo standard FIA 8856:2018.

1.2.2.1 PROTEZIONE DAL CALORE

La protezione dal calore viene valutata con il parametro HTI24⁹ (*Heat Transmission Index - 24°C*) ovvero il tempo, espresso in secondi, necessario ad un aumento della temperatura di 24 °C che deve essere espresso con due cifre decimali evitando approssimazioni.

Nello specifico deve essere:

- Uguale o maggiore ad un valore di 12.00 per la tuta;
- Uguale o maggiore ad un valore di 5.00 per underwear, balaclava e calze;
- Uguale o maggiore ad un valore di 11.00 per i guanti (fatta eccezione per il palmo che deve garantire un valore maggiore o uguale di 8.00) e per le scarpe (fatta eccezione di soles, parti rigide e materiali naturali che restringono se esposti al calore). Gli standard omologativi riguardanti i guanti in particolare stanno osservando un recente inasprimento a causa di avvenimenti che li hanno osservati partecipi, in particolare ci si riferisce all'incidente che ha visto protagonista il pilota svizzero Romain Grosjean che nel GP del Bahrain ha visto la sua Haas schiantarsi contro il guardrail e spezzarsi a metà riuscendo miracolosamente ad uscire dalle fiamme sulle sue gambe ma riportando delle serie ustioni alle mani;

Parte dell'abbigliamento	HTI24 richiesto (s)	Appendice dello standard FIA 8856-2018 di riferimento
Tuta	12.00	A-2
Underwear	5.00	A-3
Balaclava	5.00	A-2
Zona A dei calzini	5.00	A-2
Guanti (eccetto il palmo)	11.00	A-2
Palmo del guanto	8.00	A-2
Scarpe	11.00	A-2

Tabella 1-2. Prestazione minime di trasmissione del calore e calcolo di HTI 24

La trasmissione del calore viene quantificata con una strumentazione in linea con la ISO 9151. Il flusso di calore viene impostato a $80 \text{ kW/m}^2 \pm 1 \text{ kW/m}^2$ e controllato attraverso tre misurazioni consecutive alle quali viene sottoposto il provino che prevede dimensioni di $140 \times 140 \text{ mm}$.

Al termine della prova si controlla che il flusso sia nel range di $80 \text{ kW/m}^2 \pm 2 \text{ kW/m}^2$. Nel caso in cui le misure dimostrassero risultati non ammessi dalle tolleranze la prova viene ritenuta non valida.

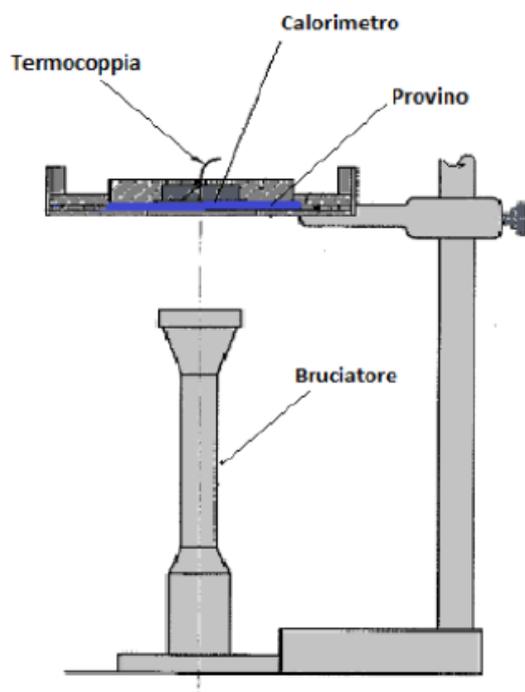


Figura 1-6. Posizionamento della sonda nella prova di trasmissione del calore secondo standard FIA 8856-2018

Il bruciatore deve essere posizionato al di sotto del piatto, fuori dall'area di controllo del campione di almeno 5 mm.

Al termine della prova il calore viene misurato nel rovescio dell'assemblaggio tramite un calorimetro collocato sopra al provino ed in contatto con lo stesso tramite la formula

$$Q = \frac{mcpR}{A} \quad (1.4)$$

Dove rispettivamente

- M , c_p e A sono la massa, il calore specifico e l'area del disco di rame costituente il calorimetro;
- R è l'incremento di temperatura in funzione del tempo;

Un rapporto riepilogativo di un test alla trasmissione del calore appare come segue in [Tab.1-3]

Protective overall for automobile drivers. Heat transmission on exposure to a flame		
Product standard	FIA 8856:2000	→ STANDARD DI OMOLOGAZIONE FIA
Test method	ISO 9151:1995 + FIA 8856:2000 Par. 7.2	→ METODO DI PROVA; PARAGRAFO STANDARD FIA
Test equipment	Calorimeter with copper	→ STRUMENTAZIONE UTILIZZATA PER MISURARE Q
Gas used	Propane	→ GAS UTILIZZATO NEL BRUCIATORE
Incident heat flux	(79.6)kW/m ²	→ FLUSSO DI CALORE INCIDENTE MISURATO
Specimens conditioning	24 h at (20±2)°C - (65±2)% R.H.	→ STATO DI CONDIZIONAMENTO DELLA PROVA
Standard atmosphere for conditioning	(10-30)°C - (15-85)% R.H.	→ CONDIZIONI AMBIENTALI DELLA PROVA
Test began on:		Test ended on:

Tabella 1-3. Rapporto riepilogativo del test di trasmissione del calore standard FIA 8856-2000 norma ISO 9151

1.2.2.2 RESISTENZA ALLA FIAMMA

La resistenza alla fiamma viene verificata su tutti gli articoli, la quale persistenza della stessa non deve superare i due secondi e non devono presentarsi detriti né fori. La procedura è in accordo con la normativa ISO 15025¹⁰, procedura A (innesco superficiale). L'obiettivo è quello di verificare che la fiamma non raggiunga i bordi del provino e che non sviluppi incandescenza residua (o nel caso di monitorare il tempo di persistenza di questa). Se il materiale propone composizioni diverse nelle sue due facce occorre che esso venga testato da ambo i lati.

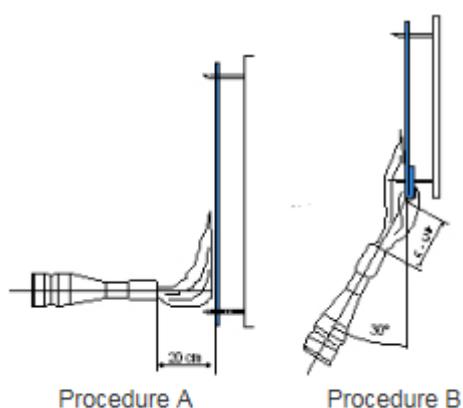


Figura 1-7. Esecuzione della prova di resistenza alla fiamma standard FIA 8856-2018 norma ISO 15025

Le due procedure sopra riportate riguardano le modalità di esecuzione del test:

- PROCEDURA A: la fiamma lunga 25 ± 2 mm proveniente da un bruciatore gas preriscaldato e poi posizionato in modo che la fiamma stessa venga indirizzata perpendicolarmente al campione;
- PROCEDURA B: innesco sul bordo, il bruciatore viene indirizzato a formare un angolo di 30° con la verticale e il bordo più basso del campione;

In entrambe le procedure la fiamma deve avere una lunghezza di 25 ± 2 mm e viene applicata per un tempo di 10 s ed entrambe le procedure vengono considerate significative per il giudizio delle prestazioni del materiale ma la procedura A viene comunque considerata più attendibile. La lunghezza della fiamma viene quantificata dalla punta dello stabilizzatore e l'estremità della parte gialla della fiamma¹¹.

Gli aspetti che vengono osservati sono:

- Il raggiungimento del bordo superiore da parte della fiamma;
- Il tempo di continuità della fiamma;
- La formazione di detriti o *char*;
- L'innesco di una fiamma da parte dei detriti sulla carta da filtro;
- L'insorgenza di un eventuale foro;
- Eventuale post incandescenza;

Il test viene effettuato prima e dopo quindici cicli di lavaggio sul prodotto in accordo con la ISO 6330 seguenti le specifiche indicazioni espresse dal produttore e quindici cicli di asciugatura in accordo con la ISO 3175-2¹².

Protective overall for automobile drivers. Limited flame spread		
Homologation	FIA 8856:2000	→ STANDARD DI OMOLOGAZIONE
Test method	UNI EN ISO 15025:2017 Met. A + FIA 8856:2000 Par. 7.1	→ METODO DI PROVA; PARAGRAFO DI STANDARD FIA
Specimens conditioning	24 h at (20±2)°C - (65±4)% R.H.	→ STATO DEL PROVINO PRIMA DELLA PROVA
Operating conditions	(10 - 30)°C - (15 - 80)% R.H.	→ CONDIZIONI AMBIENTALI DELLA PROVA
Specimens dimensions	(200 ± 2) mm x (160 ± 2) mm	→ DIMENSIONI DEL PROVINO
Flame application time	10 s	→ TEMPO DI APPLICAZIONE DELLA FIAMMA
Gas used	Propane	→ GAS UTILIZZATO PER IL BRUCIATORE
Ignition	superficial	→ METODO DI APPLICAZIONE DELLA FIAMMA
Type of surface exposed to flame	Outer side	→ SUPERFICIE ESPOSTA ALLA FIAMMA
Test began on:	Test ended on:	
Results for sample	UM	result
Limited flame spread		

Tabella 1-4. Rapporto riepilogativo di un test di fiamma, standard FIA 8856-2000 norma ISO 15025

1.2.2.3 RESISTENZA MECCANICA

Vengono introdotti i requisiti di resistenza meccanica e di resistenza alla fiamma anche delle cuciture che devono infatti dimostrare una resistenza allo scioglimento se sottoposti a temperature severe e mantenere gli standard di resistenza meccanica. Oltre a questi standard, le cuciture strutturali e i sistemi di chiusura devono dimostrare di resistere a carichi di trazione maggiori o uguali a 300 N in accordo con la ISO 13935-2¹³, per quanto riguarda la resistenza a trazione degli estrattori² lo standard sale a 375 N (l'importanza di questi in caso di estrazione del pilota dall'abitacolo in circostanze accidentali risulta cruciale) sempre in accordo con la ISO 13935-2.

La lunghezza del provino che viene fissato ad inizio prova tra due afferraggi deve essere di 100 ± 1 mm e la velocità di movimento degli afferraggi deve essere di 50 ± 5 mm/min. La tensione applicata al provino durante la prova sarà sempre crescente sino ad arrivare al carico di rottura.

La novità riguardante questo tipo di test se confrontata con lo standard FIA 8856:2000 riguarda proprio, come verrà approfondito nel capitolo successivo, l'inasprimento nella definizione di quelle che sono identificate come “cuciture strutturali” termine con il quale a seguito del rinnovo dello standard FIA in 8856:2018 identifica tutte le cuciture di unione previste nella tuta per le quali la fodera dell'assemblato non venga prevista intera.

Questa modifica non solo richiede al produttore una posizione conservativa in fase di progettazione al fine della salvaguardia della vita del pilota ma richiede anche uno studio maggiormente approfondito in fase di definizione del confezionamento del prodotto stesso in modo tale che i più severi criteri prestazionali imposti non vadano ad incidere nell'estetica de capo finito e tantomeno nel comfort garantito all'atleta (criterio che abbiamo già osservato essere di fondamentale importanza se rapportato all'ambiente stressante nel quale questo viene inserito).

² Per estrattori si intendono le applicazioni presenti sulle spalline la quale apertura deve essere maggiore o uguale a 8 mm e che risultano fondamentali in caso di scenari incidentali in quanto garantiscono l'appiglio con il quale il pilota viene estratto dalla vettura

1.2.2.4 MODIFICHE RISPETTO A 8856-2000

Le modifiche principali che intercorrono tra le due normative riguardano i requisiti di progettazione^{7,8}

	FIA 8856-2018	FIA 8856-2000
ALTEZZA COLLO	50 mm dietro, 35 mm davanti	Nessuna specifica
CARATTERISTICHE ZIP	Larghezza massima dentini	Nessuna specifica
NUOVA DEFINIZIONE DI CUCITURE STRUTTURALI	Tutte le cuciture (anche di unione tessuto - tessuto, più deboli) sono cuciture strutturali	Solo le cuciture che comprendono tutto l'assemblaggio sono cuciture strutturali
RIDEFINIZIONE DI "ESTRATTORE"	L'apertura minima sulla spallina deve essere di 80 mm	Nessuna specifica
RIDEFINIZIONE COSTRUZIONE TASCHE	Definizione tasche inserite	Solo tasche sovrapposte

Tabella 1-5. Confronto dei requisiti di progettazione tra standard FIA 8856-2000 e 8856-2018

Già da un primo confronto si riscontra una modifica nella considerazione delle cuciture che vengono definite strutturali. A seguito dell'introduzione dei test di trazione dei quali queste devono soddisfare i requisiti si è arrivati infatti ad una più attenta catalogazione di quali vengano definite strutturali e quali no (in fase di confezione le prime dovranno essere realizzate con diversi fili rispetto alle decorative e verranno testate in fase di progettazione della tuta).

Anche per quanto riguarda la definizione delle prestazioni sono state apportate delle modifiche:

	FIA 8856-2018	FIA 8856-2000
--	----------------------	----------------------

TRASMISSIONE DEL CALORE	HTI24 <i>medio e singoli valori</i> ≥ 12 s	HTI24 <i>medio</i> ≥ 11 s
RESISTENZA ALLA FIAMMA (ISO 15025)	Tempo di persistenza della fiamma ≤ 2 s No detriti incandescenti o sciolti, no fori	Tempo di persistenza della fiamma ≤ 2 s No detriti incandescenti o sciolti, no fori
RESISTENZA A TRAZIONE (TS) DELLE CUCITURE STRUTTURALI DEFINITE E DEI SISTEMI DI CHIUSURA	TS cuciture strutturali e sistemi di chiusura ≥ 300 N	TS cuciture strutturali ≥ 300 N
RESISTENZA A TRAZIONE (TS) ESTRATTORI	TS <i>spalline</i> ≥ 375 N	Nessuna specifica

Tabella 1-6. Confronto dei requisiti prestazionali tra standard FIA 8856-2018 e 8856-2000

Anche per quanto riguarda i requisiti prestazionali sorgono delle differenze evidenti come l'introduzione di uno standard di trazione per le spalline che risultano fondamentali in fase di soccorso del pilota o la richiesta che anche i sistemi di chiusura soddisfino i requisiti richiesti alle cuciture strutturali per evitare che parti del corpo del pilota o del fruitore del capo vengano direttamente esposti al calore e al fuoco.

Aumenta anche l'indice HTI24 che per quanto riguarda i tessuti esterni richiede standard più elevati.

In ultima analisi si può osservare anche una variazione per quanto riguarda il ricamo di omologazione:

	FIA 8856-2018	FIA 8856-2000
--	----------------------	----------------------

COLORE FILO	Bianco o Nero	Giallo o Azzurro
NUMERO DI OMOLOGA	DC.XXX.XX-X	RS.XXX.XX
VALIDITÀ PRODOTTO (10 anni dopo l'anno di produzione)	Not valid after: XXXX	Anno di produzione del prodotto

Tabella 1-7. Confronto delle specifiche del ricamo di omologazione tra standard FIA 8856-2018 e 8856-2000

1.2.2.5 MARKING

Ogni elemento che soddisfi gli standard omologativi deve essere marchiato, per quanto riguarda i rivestimenti esterni, con un'etichetta ricamata sullo strato esterno del colletto della tuta, un ologramma dorato nella patta interna dei sistemi di chiusura e con istruzioni di cura del prodotto.

L'etichetta deve essere ricamata sul collo e deve risultare ben visibile (ovviamente anche il filo utilizzato nel ricamo deve soddisfare i requisiti di resistenza alla fiamma e non deve presentare fenomeni di post incandescenza). L'etichetta omologativa inoltre deve riportare dimensioni ben specifiche (100 x 40 mm) e se il tessuto esterno risulta leggermente colorato il filo per il ricamo utilizzato sarà il nero, altrimenti si utilizzerà il bianco.

A loro volta anche le dimensioni dei vari componenti dell'etichetta dovranno sottostare a delle regole ben precise.



Figura 1-8. Esempio di etichetta omologativa da ricamare sul colletto della tuta

L'etichetta dovrà riportare: numero della standard FIA, nome del produttore (che può essere sostituito dal suo logo), numero di omologazione assegnato dalla FIA a quello specifico prodotto, termine della validità della certificazione.

La validità della certificazione per un prodotto risulta di dieci anni che decorrono dall'anno di ottenimento dello standard omologativo per il prodotto stesso.

1.2.3 SFI

SFI è un'organizzazione no-profit nata nel 1978 con sede in California che si impegna nello sviluppo di vari standard, criteri di prova e sistemi di certificazione negli sport motoristici con lo scopo di emettere e amministrare standard di qualità e performance delle attrezzature da corsa. SFI conta una presenza di circa cento organismi sanzionatori membri e di circa trecento produttori di apparecchiature individuali.

Esistono competizioni specifiche richiedenti questo tipo di certificazione e spesso comprendono eventi che prendono luogo negli Stati Uniti ma ciò non implica che molto spesso questa venga affiancata all'omologazione dettata dagli standard FIA.

Lo sviluppo di una specifica prende vita a partire da un comitato tecnico che, costituito da personale competente, promuove la propria proposta come una forma di audizione pubblica. Se questa viene approvata dal consiglio di amministrazione, la specifica viene pubblicata.

Analogamente agli standard FIA i prodotti vengono sempre correlati a programmi atti a promuoverne l'affidabilità e a certificarne la qualità fornendo informazioni al consumatore e al fornitore.

1.2.3.1 SFI SPECIFICATION PROGRAM 3.2

Il programma di riferimento per il prodotto "driver suits" è il 3.2A¹⁴ e le informazioni fornite al consumatore per poter risalire alle specifiche del prodotto vengono divise in diversi parametri:

1. Informazioni generali: dove si certifica che il produttore si è attenuto alle normative vigenti e ha rispettato gli standard richiesti per la produzione del bene in questione attestandolo con la dicitura

*"This Manufacturer Certifies That This Product Meets SFI Specification
3.2A"*

2. Definizioni
3. Costruzione dell'abbigliamento che, a differenza di quanto specificato dallo Standard FIA, questo programma permette al pilota di scegliere che questo

sia articolato in un unico pezzo come una tuta, in due pezzi come giacca e pantalone (che si devono sovrapporre per 8 pollici ovvero 20,32 cm) o anche solo dalla giacca;

4. Classificazione dei modelli in cui si specifica che la classificazione di un capo non dipende dal colore o dalla taglia se la costruzione e la progettazione di questo permane per ogni variabile;
5. Test in cui si identificano i vari parametri che l'abbigliamento deve soddisfare e nello specifico:
 - Calcolo del TPP (Thermal Protective Performance) in accordo con SFI Bulletin 3.2;
 - Infiammabilità in accordo con SFI Bulletin 3.2;
 - Resistenza al calore delle cuciture in accordo con FTM 19-1534;
 - Resistenza al calore delle cerniere;
 - Resistenza alla restrizione dei layer se sottoposti a calore;
6. Prova di conformità al programma SFI;
7. Test Report in cui vengono riportate tutte le informazioni importanti del prodotto e della prova di conformità;
8. Validazione iniziale del design che prevede una perdita alla validità della conformità nel caso in cui il consumatore attui delle modifiche al design di produzione del prodotto (si ricorda infatti che anche il filo cucirino con il quale vengono realizzate le cuciture ha carattere ignifugo, spesso il consumatore ricorre a riparazioni di emergenza del capo affidandosi a personale non dotato di materiale adatto e dunque vanificando il carattere ignifugo del prodotto e conseguentemente la validità a certificazioni di questo tipo);
9. Rivalidazione periodica del prodotto (al massimo due anni);
10. Etichette di conformità;
11. Decertificazione che si verifica se il prodotto non soddisfa più i requisiti SFI (importante dal momento che si sottolinea che il capo non potrà essere indossato dal pilota in un contesto di competizioni regolamentate SFI);

12. Procedura di ricorso alla decertificazione che va effettuata ad un massimo di 30 giorni dalla sua decorrenza;
13. Dichiarazione di limitazioni nella quale SFI si dichiara esente dalle responsabilità penali derivanti da capi che non hanno soddisfatto alla perfezione i requisiti richiesti dal programma;
14. Costi e periodo di conformità;

1.2.3.2 TEST DEL CALCOLO DEL PARAMETRO TPP

Il parametro TPP (Thermal Protective Performance) è un parametro definito in $\frac{\text{cal}}{\text{m}^2}$ e richiesto dal Specification Program 3.2.

Un flusso di calore della portata di $80 \text{ KW/m}^2 \pm 4 \text{ KW}$ viene inviato sul campione e la natura del quale viene divisa equamente in convettivo e radiante.

La strumentazione è composta da tubi radianti al quarzo e da due bruciatori ed è posta al di sotto del provino che invece è sovrastato da un calorimetro a termocoppie con la funzione di sensore misurante il calore trasferito sul rovescio.

A questo punto viene misurato il flusso di calore F [$\text{cal}/(\text{s} \cdot \text{cm}^2)$] ed un tempo t_b ottenuto dal grafico qui riportato che prevede l'intersezione della curva della variazione della temperatura nel tempo con la curva di Stoll³ (ovvero una curva sperimentale):

³ La curva di Stoll prende il nome dal suo ideatore Alice Mary Stoll, una biofisica americana che dedicò i suoi studi allo sviluppo di indumenti di protezione dal fuoco e pioniera della medicina aerospaziale.

La scienziata definì un tempo di sopravvivenza di un pilota (aereo) basandosi sull'annerimento della pelle quando sottoposta ad energia sotto forma di calore radiante. In tempi più moderni ovviamente l'accezione di tale concetto si è modificata nella prevenzione di infortuni gravi.

La curva si premeva di misurare la velocità di trasferimento del calore basandosi sul tempo che il calore richiede ad essere trasferito e sull'entità di calore prodotto.

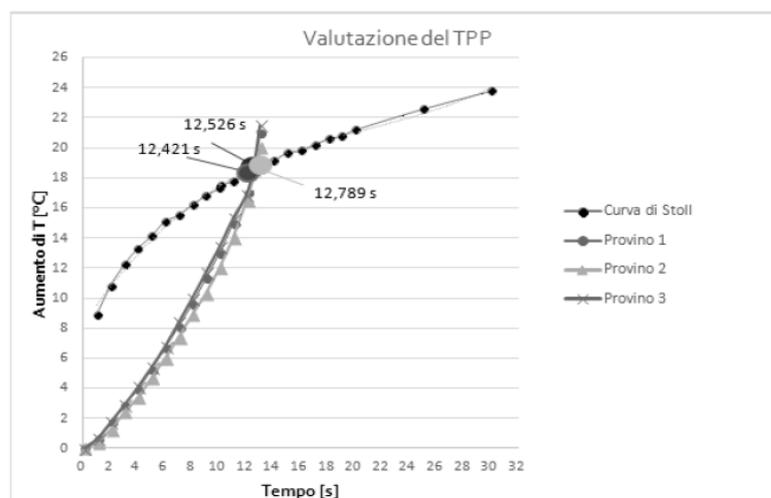


Figura 1-9. Curve di interpolazione per il calcolo del tempo t_b al fine di ottenere il parametro TPP

La misura viene effettuata su tre campioni diversi, gli esiti dei quali non devono differire per più del 5%.

Una volta ottenuti i parametri F e t_b per il campione in esame, il parametro TPP viene estratto dalla formula

$$TPP = F * t_b \tag{1.5}$$

Lo standard SFI identifica la qualità di provini in gradi, ognuno dei quali è associato ad un valore di TPP ed un punto della curva di Stoll. Più il parametro è elevato e più l'indumento è ritenuto protettivo.

Nei report dei test vengono riportati dunque il peso, lo spessore ed il TPP del campione.

Classificazione SFI	t_b (s)	TPP (cal/cm^2)	TPP ($W-sec/cm^2$)
3.2A/1	3	≥ 6	≥ 25.1
3.2A/3	7	≥ 14	≥ 58.6
3.2A/5	10	≥ 19	≥ 79.6
3.2A/10	19	≥ 38	≥ 159.1
3.2A/15	30	≥ 60	≥ 251.2
3.2A/20	40	≥ 80	≥ 335.0

Tabella 1-8. Classificazione degli indumenti tramite TPP in accordo con SFI Specification Program

Da una prima osservazione dei dati in [Tab. 1-8] si osserva subito come lo spessore del provino assume un'importanza rilevante nei test normati SFI.

1.2.3.3 ULTERIORI TEST PREVISTI DAL PROGRAMMA

A seguito del test per il calcolo del TPP seguono ulteriori test sull'infiammabilità del prodotto (che analogamente a quanto detto per gli standard FIA impone che il tempo di after flaming sia minore o uguale a 2 s e la lunghezza dei provini sia di 6 pollici ovvero di 152 mm), test di resistenza al calore delle cuciture e delle cerniere (che non devono sciogliersi o gocciolare in presenza di fuoco) e test di resistenza alla restrizione dei layer se sottoposti a calore (dove il restringimento si impone che sia minore o uguale al 10% con una corrispondente diminuzione in peso del 20% e come per il precedente test non si deve sciogliere o sgocciolare in presenza di fuoco o temperature elevate).

1.3 MATERIALI IDONEI

Una volta affrontate le complesse tematiche degli standard omologativi risulta possibile tirare le fila di quelli che sono i requisiti necessari di cui devono godere i materiali presi in considerazione.

La scelta del materiale tessile da selezionare prevede un approccio a *step-by-step* che considera la definizione del rischio (*hazard*) effettivo che ne ricorre sulla base delle norme in vigore nell'ambito considerato. In primo luogo infatti viene valutato il tipo di rischio che si corre e nel caso la severità di tale rischio, in seguito si necessita di identificare eventuali standard vigenti e linee guida e infine si prevede uno screening dei materiali basati sulle loro performance (protezione ad agenti chimici, protezione da agenti biologici, protezione alla fiamma e performance meccaniche)¹⁵.

Tra le caratteristiche necessarie ad uno screening completo dei tessuti non può non essere presente il comfort, ridurne i livelli infatti non riduce solo la fruibilità del capo da parte dell'utilizzatore ma rende anche pericoloso lo stesso in condizioni di *heat stress*. Il concetto di comfort viene effettivamente preso in considerazione in un contesto di analisi in camera climatica (come precedentemente già accennato) nel momento in cui si considerano condizioni climatiche calde e umide tanto quanto in condizioni in cui l'individuo viene esposto a sorgenti di calore.

In accordo con le linee guida pubblicate da NIOSH⁴:

“the frequency of accidents, in general appears to be higher in hot environments than in more moderate environmental conditions.

One reason is that working in a hot environment lowers the mental alertness and physical performance of an individual.

Increased body temperature and physical discomfort promote irritability, anger, and other emotional states which sometimes cause workers to overlook safety procedures or to divert attention from hazardous tasks”

I requisiti più stringenti riguardano la natura ignifuga del materiale e la trasmissione del calore.

⁴ Il metodo proposto dal NIOSH è un metodo di valutazione di sollevamento manuale di carichi. Per ogni sollevamento il metodo individua un carico limite tramite un'equazione che a partire dal massimo peso sollevabile in condizioni standard considera l'eventuale presenza di fenomeni sfavorevoli trattandoli come fattori di demoltiplicazione.

Per quanto riguarda la prima, un materiale viene definito *flame retardant* quando il suo LOI ovvero il suo *Limiting Oxygen Index* (quantità di ossigeno, espressa in percentuale, necessaria a sostenere la combustione di un materiale) supera la quantità di ossigeno presente in atmosfera¹⁶. Un materiale flame retardant perciò non arde in quanto la quantità di ossigeno necessaria a sostenere la sua combustione supera il 21% (ovvero la percentuale di ossigeno atmosferica) anche se per maggiore sicurezza vengono definiti con tale connotazione i materiali che registrano un LOI maggiore o uguale al 25%. Questo parametro assume un'importanza fondamentale ma se si considera la caratteristica di isolamento termico tendono ad essere preferite fibre con un'elevata capacità di intrappolamento dell'aria (che conferisce appunto un maggior isolamento termico dato il suo elevato potere isolante), caratteristica che apparentemente va in contrasto con il requisito di ignifugità che invece richiede una scarsa permeabilità del materiale dal momento che al tempo stesso l'aria può agire da comburente. L'indice di LOI agisce esattamente da mediatore tra questi due criteri garantendo prestazioni pregevoli da parte del tessuto in entrambi i contesti.

I materiali rispecchianti tale caratteristica e utilizzati nell'ambito della produzione di racing suits sono identificati dalla famiglia delle fibre meta- aramidiche¹⁵ comunemente denominate con il loro marchio commerciale Nomex®¹⁷. Va specificato che in quasi tutti i prodotti previsti dall'azienda viene previsto un piccolo quantitativo di para-aramidi (Kevlar®) che sebbene non giovino in alcun modo al carattere ignifugo della fibra, conferiscono maggior resistenza meccanica al char che insorge in fase di combustione scongiurando la formazione di fori nel tessuto.

Le poliammidi aromatiche fanno la loro prima comparsa negli anni sessanta del novecento e derivano dalla reazione tra diammine aromatiche e cloruri diacidi aromatici.

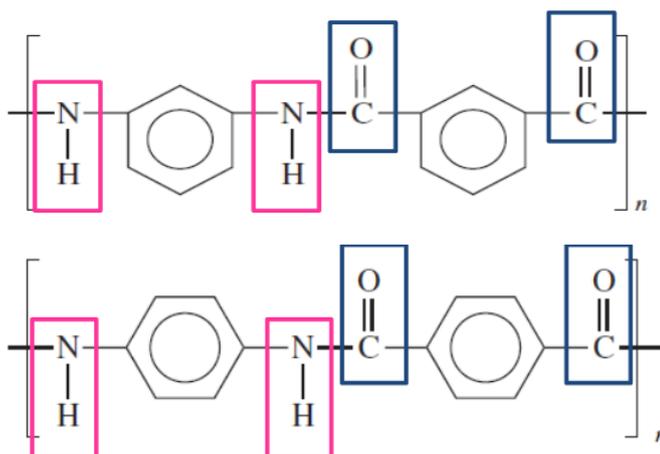


Figura 1-10. Formula chimica di Nomex® e Kevlar®

Dal momento che le fibre appartenenti a queste famiglie di poliammidi aromatiche presentano proprietà fortemente diverse da quelle note come poliammidi alifatiche la United States Federal Trade Commission ha adottato la definizione per cui si definisce poliammide aromatica una fibra la cui base di partenza è rappresentata da una lunga catena di poliammide sintetica nella quale l'85% dei legami ammidici (-CO-NH-) sono legati a due anelli aromatici.

Grazie alla loro struttura questi polimeri vantano una spiccata stabilità arrivando a sostenere anche temperature di 350 °C senza fondere (più elevata del limite di fusione delle poliammidi alifatiche che si assesta intorno ai 300 °C).

Eventuali ulteriori trattamenti ignifuganti possono essere previsti per le fibre come rivestimenti di cromo (più resistente ai lavaggi ad acqua e a secco), titanio e zirconio.

Fibra	LOI
Polipropilene	18 %
Arilica	19 %
Cotone	20 %
Viscosa	20 %
Acetato	20 %
Poliammide	22 %
Lana	25 %
Viscosa FR	28 %
Poliestere FR	28 %
Cotone FR	28 %
Modacrilica	29 %
Nomex	34 %
Clorofibra	35 %
Polibenzimidazolo	41 %
Polibenzazoli	68 %

Tabella 1-9. Valori di LOI per le principali fibre tessili

Il secondo parametro che è stato citato in fase di selezione del materiale è la resistenza alla trasmissione del calore. Anche in questo caso le fibre aramidiche che sono state precedentemente menzionate presentano una pessima conducibilità e, dunque, un pregevole comportamento in caso di esposizione ad elevate temperature, basti pensare infatti che le fibre meta-aramidiche presentano un valore di conducibilità 0,037 (W/mK) mentre le fibre para-aramidiche si assestano intorno a 0,043 (W/mK)¹⁸.

Osservando lo standard SFI si nota che in rapporto al valore dell'indice TPP viene sempre riportato, oltre al peso del campione, anche lo spessore dello stesso. Ciò

implica che l'utilizzo di strati di isolamento con uno spessore adeguato può sicuramente essere un aiuto non indifferente in fatto di isolamento termico.

La differenza tra le due classi di aramidi è riscontrabile anche per quanto riguarda le proprietà meccaniche: a differenza delle fibre para-aramidiche infatti, il Nomex® è costituito da catene ritorte che siano in grado di flettersi e ruotare anche in condizioni di tensione elevata. Il loro modulo elastico infatti è nell'ordine dei 10 GPa mentre la loro tensile strength si aggira intorno a 600 MPa oltre ad essere più facili da produrre e meno onerose del corrispettivo para-aramidico che invece registra valori di tensile strength 3400-3600 MPa e moduli elastici intorno agli 80-185 GPa (da cui si rimarca il concetto secondo il quale vengano utilizzate per conferire maggiore resistenza alla fibra).

Nell'assemblaggio di una tuta vengono spesso usati degli strati intermedi che prendono il nome di agugliati, questi materiali grazie alla loro struttura sono in grado di inglobare una grande quantità di aria che adempie perfettamente al ruolo di isolante termico. In termini più generali, la scelta dello strato intermedio tende a ricadere in quelli che vengono definiti "tessuti-non-tessuti" (TNT) ovvero una struttura costituita da un disordinato intreccio di fibre che vengono realizzati con il processo di agugliatura (o *needling*) in cui mediante un movimento verticale di aghi si garantisce compattezza ai veli di fibre uscenti dalla carda per sovrapposizione di più strati di velo, queste fibre trascinate verticalmente dagli aghi conferiscono al tessuto una sua particolare consistenza¹⁹.

Esiste anche una particolare categoria di "agugliature" chiamate "spunlace" in cui si fa uso di getti d'acqua ad alta pressione che entrano nel tessuto intrecciando, senza danneggiare, le fibre per ottenere una maggiore compattezza del TNT.

A seguito del processo di agugliatura poi il TNT può essere sottoposto a ulteriori operazioni di nobilitazione come la tintura ed il finissaggio. Si ottiene dunque un tessuto con una particolare caratteristica di isotropia proprio garantita dall'intreccio delle fibre stesse ovvero dal processo di sovrapposizione dei veli.

Lo strato interno invece è solitamente più leggero degli altri strati dell'assemblato e può essere costituito da una struttura a maglia convenzionale o a nido d'ape. È importante che questo strato sia realizzato in modo da non suscitare irritazioni né alcun fastidio alla pelle se posto a contatto con il corpo.

Per quanto riguarda il tessuto esterno invece ci si riferisce principalmente ad una categoria di tessuti definita "a navetta" cioè realizzati a telaio per tessitura ortogonale. Il comportamento alla combustione del tessuto è dipendente dalla geometria del filo e dall'armatura (una struttura a maggior quantitativo di fori tende a garantire un innesco di fiamma più importante rispetto ad un'armatura compatta).

Per loro natura i tessuti appartenenti a questa categoria presentano una maggior stabilità, un minor peso e spessore a parità di filati e migliori prestazioni.

I tessuti a navetta sono costituiti da un intreccio di fili disposti in formazione ortogonale l'uno rispetto all'altro ovvero l'ordito e la trama (warp e weft).

Le caratteristiche con le quali un tessuto viene giudicato sono²⁰:

- **Massa areica** ovvero il peso espresso in unità di superficie del tessuto. I tessuti protagonisti del contesto in cui ci stiamo inserendo presentano masse aeree variabili nel centinaio di g/m^2 e questa caratteristica può essere modificata andando ad agire sulla titolazione del filo utilizzato per la realizzazione del tessuto o andando a variare il rapporto previsto tra la trama e l'ordito (di certo questa strategia apporta notevoli miglioramenti in quanto a leggerezza del tessuto ma possono portare a non poche difficoltà in ambito di tessitura come vedremo in seguito nelle problematiche riscontrate con un tessuto noto con il nome di TV130);
- **L'armatura** ovvero lo schema di intrecciamento dei fili ed è particolarmente influenzante le prestazioni e le caratteristiche del tessuto. L'armatura distingue tre diverse categorie fondamentali di tessuto: tela piana (plain weave), raso (satin weave) e saia (twill)²¹.

La plain weave è la struttura più semplice delle tre diverse categorie e prevede che trama e ordito siano organizzati secondo angoli retti così da formare una struttura a simple criss-cross dove ogni filo di trama si predispone a incrociare un filo di ordito sovrastandolo e passandogli sotto alternativamente. Questa armatura presenta il medesimo quantitativo di fili per unità di area e presenta caratteristiche estetiche e fisiche identiche su entrambe le facce.

La satin (sateen) weave invece è caratterizzata da un numero uguale o maggiore di quattro fili di trama passanti sotto ad uno di ordito o viceversa garantendo una peculiare lucentezza al tessuto poiché la luce non viene dispersa come accade invece in altre tipologie di tessuto.

Il twill è una trama con un motivo di coste diagonali e viene realizzato facendo passare il filo di trama sotto uno o più fili di ordito e conseguentemente sotto due o più fili di ordito e così via. Questo sistema determina una sorta di gradino tra le file che si riflette sul tipico motivo diagonale. Per sua costruzione l'armatura twill sarà sottoposta a minore stress in fase di filatura proprio grazie al minor numero di intrecci ed increspature della trama, questa caratteristica induce il tessuto a vantare miglior durabilità ma anche peggiori proprietà di resistenza alla fiamma.

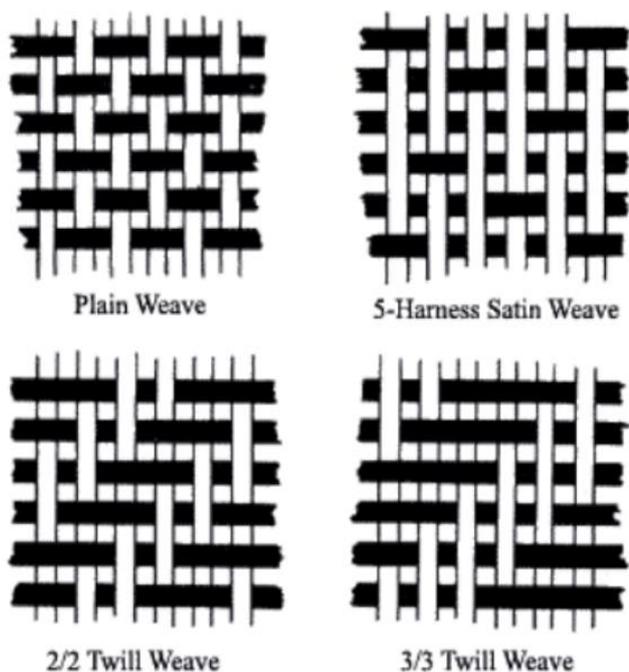


Figura 1-11. Schema illustrativo delle tre categorie fondamentali di armatura: Plain, Satin e Twill Weave

Con un rapporto di tre fili e tre trame (o quattro fili e altrettante trame) si possono individuare diverse costruzioni: saia faccia trama noto come Denim, Batavia o Saia 2.2 dove si ha un rapporto di quattro fili che si intrecciano legando su due trame e slegando sulle due successive dando un rapporto di armatura equilibrato, spigato e Pied de Poule che richiama la saia 2.2 tramando quattro fili bianchi e quattro neri.

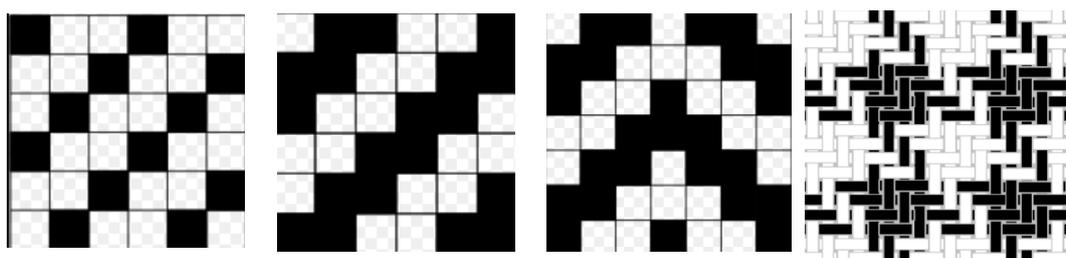


Figura 1-12. Schema delle strutture Denim, Batavia, Saia 2.2 (o lisca di pesce) e Pied de Poule

Rispetto alla plain weave si registra una forte riduzione del rapporto di copertura.

Come verrà meglio approfondito in seguito, è possibile che nel confezionamento di una tuta da racing vengano usati anche tessuti elasticizzati per garantire un miglior comfort nel movimento al consumatore. Questi tessuti vengono definiti “a maglia” ottenuti

intrecciando un singolo filo attorno a sé stesso componendosi di una serie di maglie (se disposte orizzontalmente definite *rango* o se disposte verticalmente definite *colonne*), boccole e riposo. A loro volta questi si dividono in tessuti in trama (weft knit), tessuti un rango alla volta, o tessuti in catena (warp knit) dove si tessono simultaneamente tutte le colonne e non si smagliano se tagliati.

I tessuti in trama, morbidi ed elastici, raggruppano il Jersey semplice ovvero un tessuto composto interamente da maglie singole, la maglia a costa che si ottiene alternando una o più colonne dritte ad altrettante a rovescio (elasticità anisotropa), la maglia rovesciata che si presenta come una serie di ranghi dritti e a rovescio che viene realizzata solo con particolari macchine specializzate, la maglia interlock ottenuta con due serie di aghi capaci di tessere due maglie sovrapposte l'una all'altra e la maglia placcata ottenuta applicando due fili di diverso colore nella fase di tessitura nello stesso intreccio così che il tessuto presenti colori differenti nelle due diverse facce²².

I tessuti in catena hanno la caratteristica di essere creati simultaneamente rango per rango rendendoli in grado di resistere alla sfilacciatura nel caso in cui venissero tagliati.

Questi sono tra i tessuti a maglia più noti o, meglio, utilizzati nel contesto di approfondimento ma ovviamente non sono gli unici.

Nel momento in cui questi tessuti vengono utilizzati come esterni, si deve far sì che questi presentino le medesime caratteristiche prestazionali del plain weave e dunque ne si dovrebbe prevedere un aumento di peso per garantire una maggior durabilità. Se ci si rapporta al discorso affrontato in precedenza riguardo l'equilibrio tra sicurezza e leggerezza del DPI in questione ne deriva che l'uso di tessuti a maglia come strato esterno è consigliabile che venga limitato strettamente alle zone che necessino di elasticità;

- La relazione tra riduzione e titolazione prende il nome di *fattore di copertura* ovvero un fattore che indica quanta superficie del tessuto è coperta dall'insieme dei fili costituenti. L'aumento della titolazione dei fili, mantenendo costante riduzione e fattore di copertura, determina inevitabilmente un aumento di peso. Il fattore di copertura complessivo è la somma dei contributi di trama e di ordito. Per semplicità spesso si identifica la frazione di copertura come rapporto percentuale della superficie coperta sulla superficie totale.

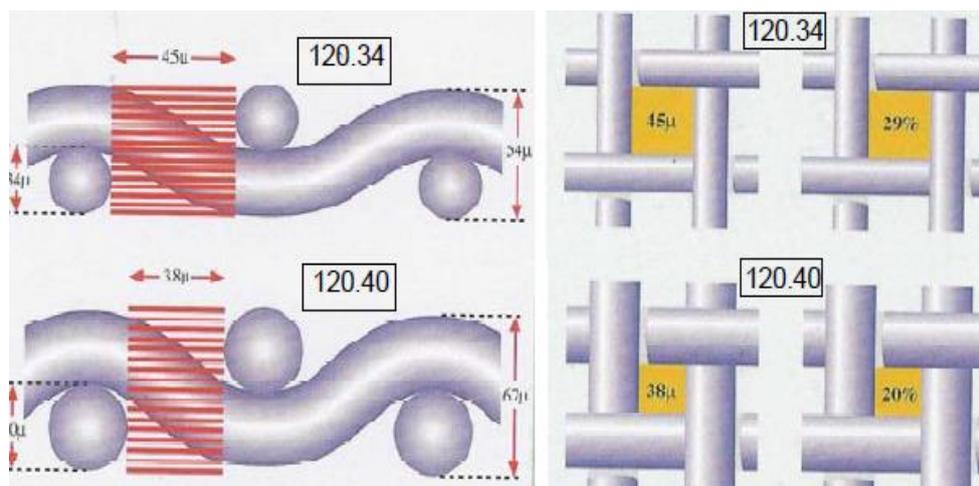


Figura 1-13. Misura lineare dell'apertura (a) e percentuale di superficie libera (b) di due tessuti monofilo con 120 fili per centimetro e diametro del filo di 34 e 40 μm

All'aumentare della frazione di copertura si ottiene un'armatura sempre più compatta, sempre meno permeabile ai fluidi e dunque con un miglior comportamento alla combustione²³;

In aggiunta ai tessuti va ricordato che vengono testati alla fiamma e al calore anche tutti i sistemi di chiusura.

Per concludere, l'uso delle fibre tessili convenzionali (come Viscosa o Trevira) è sempre meno diffuso in quanto le loro proprietà ignifughe non risultano soddisfacenti quanto quelle delle fibre sintetiche.

Le fibre convenzionali tuttavia presentano caratteristiche alle quali le fibre sintetiche non possono aspirare come ad esempio la possibilità di utilizzare una particolare tecnica di lavorazione o i tipici elevati livelli di comfort.

Le proprietà di ignifugità possono essere conseguite con diverse tecnologie come ad esempio l'aggiunta di monomeri ritardanti nel processo di copolimerizzazione, l'introduzione di additivi nella fase di estrusione della fibra, eventuali trattamenti di finissaggio e l'unione di fibre e strutture tessili doppie.

I prodotti utilizzati per il ritardo di fiamma sono molteplici e solitamente previsti in miscela finalizzati al raggiungimento degli standard più o meno stringenti nell'ambito di utilizzo considerando una diversa additivazione a seconda della normativa di riferimento.

Nel contesto europeo e nazionale si fa riferimento al programma di Registrazione, Valutazione, Autorizzazione e Restrizione delle sostanze chimiche altresì noto come R.E.A.Ch. (*Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals*).

Il regolamento raggruppa in un solo documento circa 40 diverse norme europee, in particolare riguardanti l'utilizzo, il monitoraggio e la limitazione di alcune sostanze chimiche reputate tossiche o dannose.

La normativa si premura di regolamentare l'utilizzo e l'immissione nel mercato di sostanze pericolose in quanto tali o in quanto componenti di prodotti invertendo la responsabilità del prodotto: se prima era responsabilità dell'ente di certificare e monitorare le sostanze, ora spetta al produttore la procedura di registrazione, analisi e monitoraggio del prodotto.

Il Regolamento prevede l'importazione da parte di un produttore di una sostanza tal quale o in quanto componente di una miscela altresì definita per un massimo di 1 tonnellata all'anno e presentare una domanda di registrazione presso l'ente responsabile dei prodotti chimici che ha sede ad Helsinki. Inoltre, dal 1° giugno del 2008 è in vigore il criterio del “*no data no market*” per cui se una sostanza non è registrata ed è proveniente da un paese extra-UE in quantitativi pari o superiori alla tonnellata annua non ne si può garantire la vendita.

Perché possa verificarsi la registrazione è necessario che venga fornito un fascicolo tecnico nel quale si riportano le caratteristiche intrinseche della sostanza, composizione della tale e modalità di fabbricazione e manutenzione e condizioni di sicurezza di sicurezza d'uso rapportata alla pericolosità della sostanza stessa.

Un'altra novità del Regolamento R.E.A.Ch. riguarda quelle che vengono definite sostanze appartenenti alla lista SVCH (“*Substances of Very High Concern*”) ovvero sostanze delle quali si autorizza la commercializzazione a patto che ne si dimostri l'impossibilità di sostituzione e che si garantisca la messa in massima sicurezza dell'utilizzo del prodotto contenente tale sostanza.

Le sostanze presenti nelle “*candidate list*” devono essere dichiarate qualora presenti nel prodotto in vendita e deve esserne certificata la presenza in quantità inferiore allo 0,1% in peso/peso ma non vengono coinvolte in alcun divieto né restrizione nell'utilizzo di queste.

Appare evidente quindi come il Regolamento non coinvolga unicamente il produttore della sostanza in sé ma anche coloro che ne utilizzano la sostanza come prodotto tal quale o come componente di una miscela ovvero quello che il R.E.A.Ch. definisce il “*Downstream User*” che diventano collaboratori attivi del sistema di identificazione delle sostanze²⁴.

CAPITOLO 2

SVILUPPO DEL PRODOTTO

La scelta dello sviluppo di un nuovo prodotto nasce da una necessità di continua modifica ed evoluzione dell'azienda che ha come obiettivo la continua innovazione al fine di rendere la propria proposta sempre accattivante ed attuale agli occhi del cliente.

Lo sviluppo di un DPI in un ambito come quello del motorsport che si presenta come mondo di estrema popolarità, adrenalinico ma anche tremendamente pericoloso dovrà prevedere un equilibrio tra quelle che saranno le richieste estetiche e prestazionali imposte dal consumatore e dagli standard omologativi in questione.

Le fasi dello sviluppo di una nuova proposta prevedono un'iniziale generazione e validazione del *concept* (ovvero l'idea del prodotto) che, attraverso un'ampia varietà di fonti e approcci verrà snellito selezionando unicamente quelle che vengono ritenute le idee più interessanti²⁵.

Il *concept* prende vita attingendo a diverse variabili come:

- “*Benefit*” effettivo che questo propone al mercato;
- Il “*Consumer Insight*” ovvero la comprensione del prodotto da parte del consumatore;
- La “*Reason Why*” ovvero la motivazione dello sviluppo di una nuova proposta, i “*Key Elements*” ovvero gli elementi chiave della proposta;
- Il “*Wrap Up*” ovvero la conclusione del progetto.

L'approccio Demand Pull di un'azienda si riscontra nel momento in cui questa si riconosce trainata dallo stimolo del mercato e dunque farà uso di indagini sull'apprezzamento del prodotto da parte del consumatore (*customer satisfaction*),

eventuali suggerimenti e reclami dello stesso. I limiti di questo approccio riguardano tuttavia principalmente la poca affidabilità delle indagini di mercato.

Un approccio alternativo che può essere condotto invece riguarda il Technology Push ovvero quando le idee innovative derivano dallo sfruttamento di invenzioni nuove o altrui (istituti di ricerca, università, brevetti) e si basa principalmente sul ruolo dell' R&D ma anche in questo caso si rischia di ricadere nell'effetto opposto al precedente ovvero che si perda di vista quella che è la reale esigenza del consumatore facendo nascere un prodotto che dunque non nasca con l'intento di soddisfare un bisogno ma piuttosto con quello di crearne di nuovi.

Un'impresa perciò dovrà agire con raziocinio prevedendo un'unione dei due approcci.

Una volta stabilita la strategia di azione, l'impresa proseguirà con attività di brainstorming, analisi morfologica del prodotto e confronto con la concorrenza. A questo punto segue lo sviluppo effettivo del prodotto con attività ingegneristiche e di marketing, test e simulazioni, definizione e sviluppo di test di marketing e affinamento delle analisi economico-finanziarie.

Dunque si deve dare un'identità al prodotto: il nome dovrà essere originale, facile da pronunciare, dovrà avvalersi di precisi concetti fonetici e semantici e deve essere memorabile.

Si definiscono quindi cicli di lavorazione, costi di produzione, flussi di materiale e layout del prodotto. Da questo istante la produzione pilota verrà sottoposta a severi controlli di qualità e si occuperà di raccogliere feedback e ulteriori suggerimenti. Ciò che ne consegue sarà un'analisi dell'andamento del prodotto sul mercato e il confronto di questa con le previsioni che ne erano state associate cercando di individuare eventuali motivazioni riguardo il mancato percepimento delle aspettative²⁶.

La continua evoluzione del prodotto dovrà però prevedere che in questo modo si stabilisca un ciclo vitale dello stesso che, superata la vita utile programmata da un periodo prefissato, questo diventerà inservibile o magari fuori moda così che si giustifichi l'entrata in commercio di una nuova proposta considerando un'obsolescenza programmata.

2.1 IL CONCETTO DI PRODOTTO

Le decisioni sul prodotto concernono l'insieme delle scelte relative al portafoglio prodotti di un'impresa. Le principali strategie assunte sono appunto la pianificazione e lo sviluppo di nuovi prodotti o la gestione strategica dei prodotti esistenti.

Dal punto di vista dell'impresa il prodotto viene differenziato in:

- Beni destinati alla produzione come, ad esempio, le materie prime;
- Beni destinati al consumo ovvero durevoli e di largo o immediato consumo;

In un contesto di marketing mix (ovvero in cui la proposta dell'azienda è ampia), l'azienda può pianificare la propria offerta in quattro categorie: prodotto generico, prodotto atteso, prodotto ampliato e il prodotto potenziale.

Il prodotto generico corrisponde al *core benefit* percepito dal consumatore ovvero il vantaggio effettivo che deriva dal prodotto inteso come bene fisico.

Il prodotto atteso identifica le caratteristiche che il consumatore si aspetta oltre al primo core benefit e può determinare una prima fase di caratterizzazione e differenziazione della proposta.

Il prodotto è un insieme di servizi e vantaggi suppletivi che differenziano il prodotto dell'azienda da quella dei competitor e che supera quelle che erano le aspettative del consumatore, questa fase prevede una forte differenziazione dell'impresa sul mercato.

Il prodotto potenziale infine comprende quell'insieme di proposte aggiuntive che spingono l'acquisto del prodotto da parte di nuovi acquirenti.

Secondo uno studio approfondito condotto da Guatri, Vicari e Fiocca nel 1999 il prodotto inoltre può essere differenziato secondo tre diversi livelli:

1. Prodotto fisico ovvero l'oggetto offerto dal produttore;
2. Prodotto totale ovvero la somma del prodotto fisico e un insieme di oggetti che ne ampliano la proposta;
3. Prodotto-utilità ovvero l'insieme di requisiti di varia natura che il cliente ricerca dall'acquisto all'utilizzo stesso del prodotto;

In ogni caso il prodotto va inteso come un output fisico che soddisfa le aspettative di specifici gruppi di consumatori e che genera utilità che sono determinate da attributi tangibili (altresi identificabili come le caratteristiche fisiche del prodotto stesso) ed intangibili (ovvero le caratteristiche immateriali del prodotto come i benefit offerti, la garanzia o il design) in cui si articola il prodotto.

Dal punto di vista del cliente invece il prodotto deve essere definito considerando la complessità dell'acquisto del prodotto che vaglia il rischio percepito ovvero lo stato di incertezza che riguarda le prestazioni del prodotto e lo sforzo che il consumatore deve compiere per entrare in possesso del prodotto desiderato.

Ne deriva che da questo punto di vista il prodotto assume diverse classificazioni²⁵:

1. *Convenience Goods* ovvero sono beni di consumo quotidiano, derivanti da acquisto di impulso o di urgenza che non possiedono un eccessivo valore unitario e vengono acquistati con una certa frequenza dal consumatore (come i beni alimentari). Questi prodotti godono di un contenuto rischio percepito dal consumatore in caso di acquisto errato e per i quali il consumatore non deve dedicare una quantità di tempo elevato nella ricerca di eventuali alternative proposte dal mercato;
2. *Reference Goods* sono beni per i quali il consumatore percepisce un maggior grado di coinvolgimento rispetto ai precedenti esclusivamente dovuto ad una peculiare azione di marketing condotta dall'azienda produttrice per differenziare il proprio prodotto dalle offerte del mercato o per il quale il produttore offre benefit di varia natura (psicologici, sociali);
3. *Shopping Goods* ovvero beni per i quali il consumatore dedica un acquisto ragionato e che prevedono una media percezione del rischio. All'ingaggio di tale prodotto il consumatore è disposto a dedicare un quantitativo di tempo medio alto per l'indagine e la pianificazione di acquisto. Rientrano in questa categoria tutti quei beni a bassa frequenza d'acquisto e di consumo durevole;
4. *Speciality Goods* ovvero beni ai quali il consumatore associa peculiari caratteristiche e al quale è disposto a dedicare tempo e elevate risorse monetarie nella fase di acquisizione. Sono prodotti esclusivi per i quali il livello di rischio è ridotto, l'acquirente perciò non ricerca eventuali alternative ma procede invece a ricercare i punti vendita in cui questo risulta disponibile;

Compresa la differenza tra quella che è la concezione del prodotto per l'azienda e per il consumatore e dopo aver identificato quelle che sono le varie differenziazioni dei beni proposti da un'azienda si passa al concetto di innovazione.

2.2 L'INNOVAZIONE DEL PRODOTTO

Le innovazioni del prodotto possono consistere in nuove funzioni, nuovi servizi offerti al cliente o il miglioramento di funzioni o servizi preesistenti. Tali innovazioni influiscono nel valore percepito dal cliente e possono influenzare fortemente nella differenziazione dell'offerta sul mercato.

Le modalità di processo invece possono prevedere le modalità di produzione o le modalità di organizzazione dell'attività produttiva. Tali cambiamenti apportano una modifica ed un miglioramento della fase produttiva con conseguente progresso in termini di vantaggio competitivo nel mercato.

L'innovazione può avere un forte impatto nell'impresa, Freeman e Perez (1986) ne definiscono una distinzione come:

- Innovazioni radicali: si verificano con discontinuità e sono il risultato dell'attività di ricerca e sviluppo dell'azienda o di un ente esterno. Sono in grado di stravolgere completamente il prodotto creando un piano di rottura con il passato;
- Innovazioni incrementali: si presentano con frequenza e continuità con un continuo miglioramento del prodotto già esistente;

Il contesto in cui un prodotto viene definito come "nuovo" non è tuttavia così immediato perché risulta necessario comprendere se si sta parlando di un prodotto originale (di sconvolgimento del prodotto preesistente), prodotto riformulato (di modifica e miglioramento del prodotto preesistente) o prodotto riposizionato (in cui si modifica la percezione che il consumatore ha nei confronti del prodotto individuabile anche come un'azione di estensione del mercato).

L'innovazione del prodotto inoltre rappresenta una scelta complessa da parte dell'azienda che dovrà affrontare notevoli costi e può comportare un consistente rischio strategico. Il rischio strategico può identificare un rischio tecnologico legato alle difficoltà produttive necessarie alla modifica e innovazione del prodotto e un rischio di mercato in termini di ricettività del prodotto da parte del consumatore.

Una volta che sono stati analizzati i rischi ed è stato ricercato il concept si procede dunque con lo sviluppo effettivo di questo che si articola in una fase di prototipia e di testing.

2.3 FIGURE E MODELLI ORGANIZZATIVI

Accanto a figure organizzative specifiche (R&D e Marketing) coinvolte con diversi gradi di responsabilità nello sviluppo di un nuovo prodotto sono nate strutture organizzative costituite da team di competenze individuali basati su collaborazione e integrazione mutua.

La divisione R&D rappresenta un ruolo cruciale nello sviluppo di un nuovo prodotto soprattutto per quanto riguarda innovazioni di grande interesse tecnologico.

La divisione Marketing si occupa dello sviluppo di un nuovo prodotto a basso rischio strategico che prevede l'assenza di innovazioni radicali. La responsabilità del nuovo prodotto viene affidata al Product Manager che organizza le attività di marketing per raggiungere gli obiettivi prefissati coordinando le azioni di distribuzione, comunicazione e prezzo, dotato di notevoli competenze nella gestione trasversale di produzione e coordinazione delle attività. Ne consegue che molto spesso il contributo di questa figura è legato al riposizionamento e al miglioramento di prodotti già esistenti e consolidati.

I team interfunzionali prevedono gruppi di individui, rappresentanti le principali funzioni aziendali, che vengono incaricati delle principali funzioni e responsabilità nei processi innovativi e si dividono in:

- Comitato nuovi prodotti che si riunisce un certo numero di volte all'anno e analizza la priorità di analisi selezionando le proposte innovative coordinando lo sviluppo di nuovi prodotti. Principalmente ha il compito di selezione e approvazione di nuovi progetti;
- Gruppo di lavoro ad hoc ovvero un team interfunzionale che per un periodo di tempo definito svolge in modo sistematico l'attività di sviluppo di nuovi prodotti. Il team deve sviluppare un progetto specifico e ha la possibilità di poterlo sviluppare in modo totalmente autonomo;

In conclusione, dopo aver completato le valutazioni di fattibilità, l'analisi dei requisiti e dopo aver ottemperato alle richieste funzionali, si passa al design di dettaglio dove si avvia lo sviluppo in scala completa del prodotto e perciò vengono scelti i materiali.

E' esattamente in questa fase che si inserisce la realizzazione dei prototipi, la progettazione si confronta con la produzione per dare avvio all' industrializzazione del prodotto e si definiscono le fasi di lavorazione.

Dopo aver individuato la tecnologia più appropriata allo sviluppo del progetto tra quelle disponibili cercando di sovrintendere i problemi relativi al processo produttivo si riscontra la conformità del prodotto rispetto le specifiche richieste, gestendo una corretta comunicazione tra progettazione ed esecuzione per dar vita al prodotto finale.

CAPITOLO 3

SVILUPPO DI UNA TUTA OMOLOGATIVA

Come già precedentemente accennato, lo sviluppo di una tuta da racing da subito sia da un punto di vista tecnico prestazionale sia da un punto di vista consumistico, non risulta lineare come ipotizzabile.

Ripercorrendo le fasi dello sviluppo di un prodotto riassunte nel paragrafo precedente il prototipo che viene proposto e preparato ai test omologativi dovrà infatti interfacciarsi con le normative dei campionati nei quali si intende introdurlo.

Oltre ad un discorso tecnico e totalmente inerente ad uno standard omologativo va poi considerato un aspetto di comprensione e giudizio del prodotto da parte del consumatore che, dal momento che ci si sta riferendo ad un mondo in cui l'attenzione mediatica gioca un ruolo primario, deve essere il più possibile presa in considerazione e appagata. Di fondamentale importanza sarà inizialmente partire dall'ottenimento della conformità del prodotto seguendo pedissequamente i punti prescritti dalla norma ricordandosi che il requisito fondamentale richiesto al prodotto è l'imprescindibile protezione dell'utilizzatore da possibili rischi e pericoli ai quali questo verrà inevitabilmente esposto.

Collocandosi non solo nella categoria degli articoli sportivi ma anche, e soprattutto, nel mondo dei DPI l'impegno e l'ottenimento del corretto equilibrio tra questi due mondi apparentemente così distanti tra di loro distingue un'azienda dai competitor portandola dall'essere totale innovazione a leader del mercato.

3.1 RACING SUIT

La tuta da pilota (definita dallo standard FIA 8856:2018) è un indumento progettato così da coprire interamente il corpo del pilota fatta eccezione testa, mani e piedi. Questo indumento costituisce la prima protezione al calore e al fuoco per il pilota e deve essere costituita da un unico pezzo in modo tale da coprire in modo aderente caviglie, collo e polsi. Indipendentemente da modello, taglia e personalizzazione ci sono delle caratteristiche che devono essere rispettate dal capo affinché questo venga considerato conforme¹²:

- Il collo deve essere alto almeno 50 mm nella parte posteriore e 35 mm nella parte anteriore;
- I sistemi di chiusura, progettati secondo specifici criteri, devono essere tassativamente ricoperti da uno strato esterno del medesimo materiale del main assembly così come ogni apertura di dimensione maggiore di 50 mm. I sistemi di chiusura tramite zip devono essere sempre coperti da uno strato esterno e da uno interno così che non siano mai in contatto con il corpo del pilota. La dimensione dei denti della chiusura zip è normata e deve essere al massimo di taglia T3;
- Le cuciture definite come strutturali devono essere progettate così da mantenere l'integrità del capo in ogni condizione;
- Gli estrattori devono essere tassativamente inseriti in cima ad ogni spallina e devono essere posizionati in modo da non entrare in contatto con il sedile e lo spazio di apertura minima degli estrattori deve essere di 80 mm;
- Il main assembly può essere trapuntato con una minima distanza di 100 mm tra i punti ed è consentito omettere le impunture nei pressi del ricamo;
- E' ammesso l'utilizzo di bande elastiche a patto che queste non siano in diretto contatto con il corpo, l'unica eccezione è riservata a polsini e cavigliere per i quali però devono essere previsti dei rivestimenti che ne prevengano il contatto con il fruitore del capo;

- Ogni tipo di ricamo deve essere previsto con uno strato di rivestimento interno che ne prevenga il contatto con la pelle ed il medesimo discorso viene riconsiderato per etichette o cuciture che non prevedano l'utilizzo di materiale non conforme;

Considerate le caratteristiche cardine che una tuta deve presentare affinché questa sia conforme agli standard omologativi, ogni tuta si distingue per modello, colore, materiali usati (interni ed esterno e numero di stratificazioni previste) ed eventuale aggiunta di accessori.

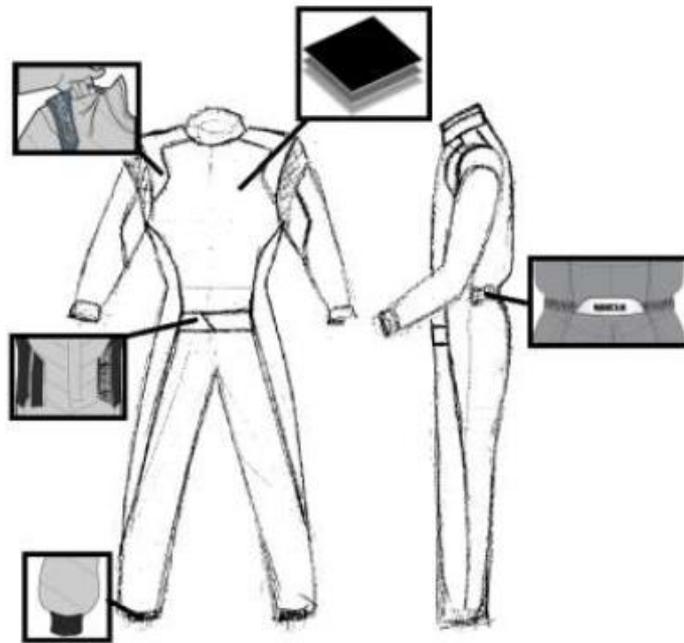


Figura 3-1. Tavola di progettazione di una tuta da Racing¹²

La tuta si intende come prima barriera esterna che deve preservare l'incolumità del pilota per un tempo minimo necessario all'intervento dei soccorsi in condizioni estreme anche quando le temperature raggiungono picchi di migliaia di gradi e flussi termici anche del valore di 80 kW/m^2 , condizioni nelle quali la pelle di un uomo ovviamente non può assolutamente sopportare lo stress¹⁶.

3.2 FASE DI PROGETTAZIONE

Per quanto riguarda l'ambito del motorsport, agli aspetti di marketing e di evoluzione dell'azienda precedentemente citati, vanno aggiunte ulteriori considerazioni riguardanti la durata della certificazione omologativa garantita da FIA per ogni prodotto. La scadenza di questo certificato, della durata di dieci anni, implica un'imprescindibile necessità da parte dell'azienda di innovare le proprie proposte seguendo il percorso della progettazione e dell'ottenimento della certificazione per lo standard omologativo di una nuova tuta (contesto dal quale prende forma il progetto di tesi che si articola a seguito dell'osservazione dello sviluppo dei prototipi R567 e R568 resi necessari dalla scadenza delle omologazioni precedentemente previste dall'azienda ospitante).

Il progetto perciò nasce e prende forma nella sezione di R&D in cui vengono considerate le nuove proposte e se ne considera il posizionamento basato sul livello del prodotto in considerazione, il prezzo e gli standard prestazionali. In questa fase ci si affida a quelle che sono le richieste dello standard vigente, nel caso in considerazione FIA 8856:2018, e si procede con una prima scrematura di quelli che potrebbero essere i materiali costituenti.

Di seguito in [Fig.3-2] viene riportato lo schema delle attività produttive in fase di industrializzazione di una tuta da racing²⁷:

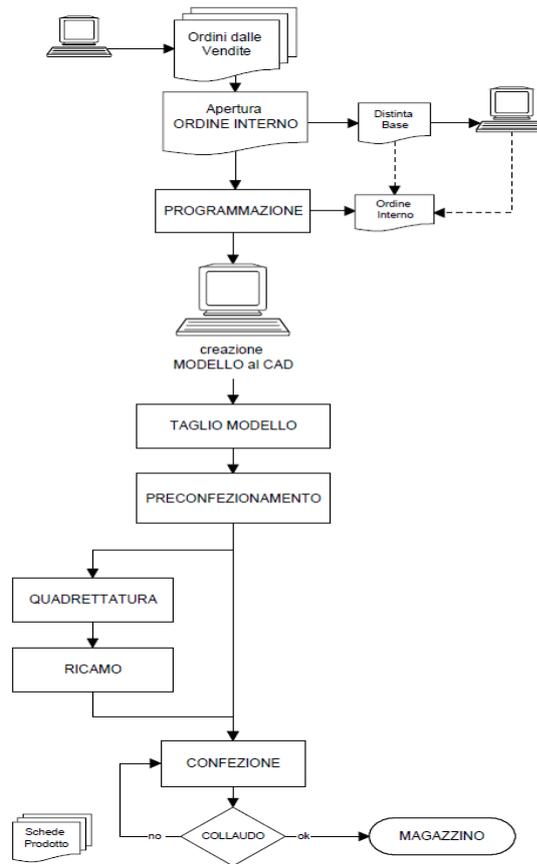


Figura 3-2. Gestione delle attività produttive nel Plant Abbigliamento

In seguito si cercherà di ripercorrere il processo di progettazione e preparazione di un prototipo al quale è stata data la possibilità di partecipare in prima persona dall'azienda ospitante.

3.3 R567

Il progetto prevede lo sviluppo di una nuova tuta migliorativa rispetto al corrispondente prodotto da catalogo. L'omologazione del prototipo R567 si prefigge infatti di generare un prodotto di media gamma perfezionandone performances e standard estetici a partire da una Competition PRO.

Come precedentemente accennato, la prima difficoltà è rappresentata dalla scelta del materiale costituente coniugando quello che è il target cost del prodotto alle nuove proposte in termini di tessuto esterno quanto interno.

Il tessuto esterno della Competition presente a catalogo nel 2021 è un tessuto chiamato TV611 ovvero un tessuto meta-aramidico ultraleggero alle quali caratteristiche di leggerezza si coniuga un ottimo comportamento al calore e al fuoco. La nuova proposta invece si proponeva di fare uso di un tessuto chiamato 8777 come tessuto riguardante il *main assembly* prevedendo l'utilizzo di ulteriori inserti definiti come *secondary assembly* in due diversi tessuti chiamati TARSP180 e MONACO che coniugano la possibilità di utilizzare tessuti con tinte pantone più aggressive in modo da andare incontro alle crescenti richieste dei consumatori che sono state accolte negli anni riguardo l'utilizzo di colorazioni più accese.

La fase di definizione dei tessuti costituenti la tuta è estremamente importante anche in previsione di quello che potrebbe essere lo sviluppo futuro del mercato poiché le prove che verranno effettuate atte all'ottenimento della conformità saranno strettamente legate all'accostamento e all'utilizzo dei tessuti che vengono selezionati in questo primo step. Il tessuto principale dichiarato in fase di omologazione infatti deve coprire almeno il 60% del totale del tessuto esterno utilizzato nella realizzazione della tuta.

Una volta che la struttura generale della tuta è stata definita (tessuto esterno, eventuale tessuto intermedio, tessuto interno ed inserti elasticizzati) con la collaborazione dei modellisti si definisce l'aspetto del prodotto prevedendo la possibilità di inserire eventuali accessori come tasche aggiuntive (che devono sempre sottostare allo standard FIA), cinture o sistemi di chiusura tenendo sempre conto del target sul quale si sta andando ad insistere.

Definita la proposta, i modellisti preparano il "bozzetto" della tuta inserendo tutte le eventuali variabili che il modello finale dovrà presentare



Figura 3-3. Elenco delle cuciture realizzate nella tuta omologativa

Le colorazioni presentate in [Fig.3-3] sono indicative di quello che sarà l'aspetto effettivo finale della tuta e rappresentano un aiuto per chi in seguito si occuperà del confezionamento della tuta.

Il modello proposto dovrà tenere conto di eventuali evoluzioni della struttura in quanto ad accostamento di tessuti, modifiche dell'estetica o modifica di qualsivoglia particolare⁵.

La normativa FIA prevede infatti che per ogni capo testato in fase di omologazione, nel caso in cui questo superi positivamente la fase di testing e ottenga la certificazione, sarà possibile produrre fino ad un massimo di tre estensioni.

Di seguito vengono riportati le caratteristiche del prototipo nella fase di testing per la tuta Competition R567:

⁵ Le specifiche in fase di produzione sono estremamente restrittive rispetto alle procedure seguite in fase di omologazione. Si prevede infatti che sono accostamenti di tessuti, cuciture ed eventuali inserti testati e conformi allo standard in fase di prototipia possano essere realizzate poi in fase produttiva. L'accostamento che viene identificato come "main assembly" in fase produttiva inoltre dovrà costituire la tuta per il 60% del suo totale.

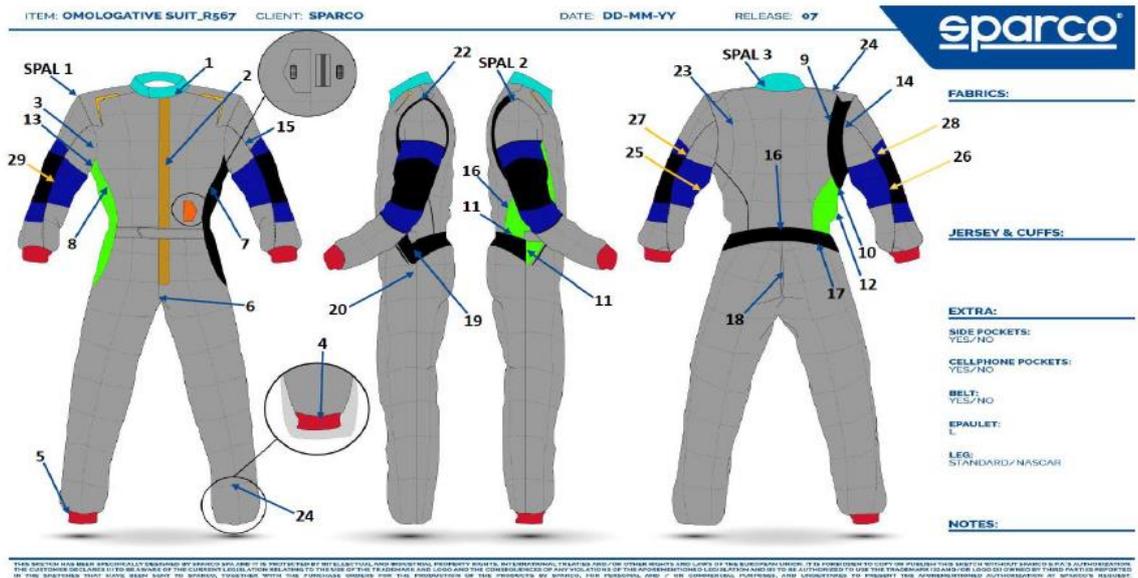


Figura 3-4. Elenco delle cuciture realizzate nella tuta omologativa

Nella [Fig.3-4] sono riportate le cuciture previste sulla tuta omologativa e che sono state sottoposte alla fase di testing. Come accennato precedentemente (e approfondito in [Tab. 3-1]) le cuciture non si differenziano esclusivamente secondo un criterio di realizzazione delle stesse ma piuttosto vedono una classificazione anche sulla base dei materiali dei quali è prevista l'unione (Main Assembly, Secondary Assembly, Tertiary Assembly⁶).

Nella tabella infatti è riportata la medesima cucitura (lineare) che però nel caso del collo è prevista con l'aggiunta del Punto Milano⁷ mentre nel caso della zip è prevista unicamente con il Main Assembly.

⁶ Con questa terminologia si intendono gli assembly (intesi come tessuto esterno, intermedio ed interno) che sono stati pensati per il prodotto. In particolare, il main assembly riguarda l'accostamento previsto per un'area maggiore o uguale al 60% della superficie totale della tuta mentre il secondary ed il tertiary assembly riguardano principalmente le alternative previste come varianti colore negli inserti (come fianchetti, ginocchieri, gomitiere etc...)

⁷ Jersey che imita come stabilità e peso un tessuto a telato ma mantenendo l'elasticità tipica di tale tessuto. Nel caso specifico ci riferiamo ad un tessuto 95% Meta-Aramidico e 5% Para-Aramidico e dal peso approssimativo di 190 g/m² ± 5 g/m²

3025. Description des coutures de structure et des systèmes de fermeture / Description of the structural seams and closure systems

	Référence / Reference	Position / Position	Description de la couture ou du système / Description of seam or system	Matériaux ou assemblages inclus dans la couture ou le système (références des matériaux du Tableau 3021) / Materials or assemblies included in seam or system (material references from Table 3021)
3025.01	S01	Collar	Edge needle felled seam	Edge 1 (M01+M02) with edge 2 (M01+M02+M05) with thread T02
3025.02	S02	Zip	Edge needle felled seam	Edge 1 (M01+M02) with edge 2 (M01+M02) with closure system

Tabella 3-1. Elenco di alcune cuciture previste a fascicolo omologativo della R567

Per completezza vengono riportate le definizioni utilizzate per identificare i materiali previsti nella tuta:

- M01: Esterno del Main, esterno di collo e zip ed interno del flap, densità 150 (g/m²), tessuto 100% Meta-Aramidico;
- M02: Interno del Main, Secondary e del Tertiary intermedio di collo e zip ed intermedio del flap, densità 243 (g/m²), tessuto 100% Meta-Aramidico;
- M03: Esterno del Secondary, densità 141 (g/m²), tessuto 100% Meta-Aramidico;
- M04: Esterno del Tertiary, densità 183 (g/m²), tessuto 100% Meta-Aramidico;
- M05: Strato interno del collo ed esterno degli inserti elastici, densità 191 (g/m²), tessuto 100% Meta-Aramidico;
- M06: Strato interno ed intermedio degli inserti elastici, densità 108 (g/m²), 95% Meta-Aramide 5% Para-Aramide;
- M07: Zip, 100% Meta-Aramide;
- M08: Caviglie e polsi, densità 142 (g/m²), 96% Meta-Aramide 4% Elastane;
- M09: Elastico, 81% Meta-Aramide 19% gomma sintetica;

Nei paragrafi successivi verranno analizzate con maggiore perizia di dettagli le prestazioni del prototipo omologativi nei diversi step della fase di testing.

3.3.1 PROVE DI RESISTENZA AL CALORE

Una volta che la creazione del prototipo ha avuto luogo, il produttore dovrà procedere con la preparazione dei provini che affronteranno le prove di resistenza al calore nella *Test House* selezionata. Ogni Test House richiede uno specifico quantitativo di materiale a seconda di quelle che sono le procedure previste nella fase di testing considerata.

A prescindere dalle singole procedure operative, in ogni caso, dovranno essere inviati quelli che vengono definiti “quadrotti” (ovvero due metri quadri di tessuto) per ogni accostamento di tessuto previsto nell’utilizzo della tuta. Ogni parte del capo perciò, per quanto piccola essa possa risultare, dovrà essere testata sia che essa rappresenti il main assembly sia che essa rappresenti il secondary assembly o un eventuale inserto.

Seguendo le procedure di test alla conduzione del calore che nei capitoli precedenti sono state affrontate, ogni singolo accoppiamento di tessuto dovrà dimostrare di soddisfare gli standard richiesti.

Nella preparazione dei campioni che verranno testati dovranno essere previsti anche i fili utilizzati nella fase di confezione (TEX 80, TEX 40 e TEX 27), i sistemi di chiusura (principalmente ci si riferisce all’apertura principale che viene prevista in fase di progettazione ovvero quella che si estende dal cavallo al collo) e un ben determinato numero di provini identificanti polsini e caviglie che verranno utilizzati poi nella produzione della tuta stessa.

I tessuti che sono stati utilizzati nello specifico riguardano:

- Main assembly: 8777 con interno Bianchina L2026;
- Secondary assembly: TARSP 180 o MONACO con interno Bianchina L2026;
- Inserti elasticizzati come schiena e girelli: Punto Milano (tessuto Jersey elasticizzato principalmente utilizzato nell’assemblaggio degli inserti) e Maglina ELIX (tessuto interno elasticizzato caratterizzato da una struttura a nido d’ape);

La trasmissione del calore che viene realizzata sugli assemblaggi o sui materiali mediante l'esposizione alla fiamma deve essere realizzata in accordo con la ISO 9151 sia prima sia dopo il pretrattamento (ovvero i cicli di lavaggio che verranno più approfonditamente trattati in seguito) e se si prevede una prestazione peggiore in corrispondenza delle linee di cucitura la fiamma dovrà propagare secondo questa direzione preferenzialmente rispetto al resto del provino.

L'assemblaggio deve ricostruire fedelmente quella che sarà la struttura finale della tuta in ogni sua parte.

Come approfondito in precedenza, secondo i requisiti prestazionali, il valore di HTI24 deve essere uguale o maggiore ai 12 s.

Questa prima fase di testing è estremamente delicata in merito alla valutazione finale del prodotto in quanto un buon isolamento termico garantisce una più elevata possibilità di fuga dell'utilizzatore dalla situazione di pericolo. I tre criteri che maggiormente influiscono sulla cattiva propagazione del calore sono la formazione di residui carboniosi (che per loro natura tendono ad ostacolare la propagazione del calore mantenendo alti gli standard di isolamento termico e la solidità dei quali è essenziale ai fini del conseguimento dell'idoneità dell'assembly sia in termini di resistenza alla fiamma sia in termini di resistenza al calore), la tendenza all'insorgenza di fori che oltre a esporre lo strato sottostante a contatto diretto con la fonte energetica rappresentano una drastica diminuzione nella resistenza alla trasmissione e la stabilità dimensionale (si ricorda che nei testi previsti dallo standard SFI viene specificatamente appurata la stabilità dimensionale dell'assembly se sottoposto a calore) che permette il trattenimento di una soddisfacente quantità di aria che permette un corretto isolamento termico²⁸.

La conducibilità termica di un tessuto viene considerata sulla base di:

- Conducibilità delle fibre che lo compongono: al diminuire della conducibilità delle singole fibre diminuisce la conducibilità del tessuto in sé;
- La quantità di fori presente: all'aumentare della quantità di fori diminuisce la conducibilità in quanto l'aria si presenta come un ottimo isolante avente uno dei minori coefficienti di conducibilità termica pari a $0,026 \text{ W/mK}^{18}$;
- La quantità di acqua intrappolata (correlata alla sua igroscopicità e dunque all'umidità relativa dell'ambiente circostante) dal momento che l'acqua presenta un'elevata conducibilità termica e presenta un elevato calore latente di vaporizzazione;

FIBRA	CONDUCIBILITÀ TERMICA [W/m K]
Meta-aramide	0.037
Para-Aramide	0.043
PBI	0.037
Poliammide-immide	0.011

Tabella 3-2. Conducibilità termica delle principali fibre sintetiche utilizzate

Considerando quanto appena detto risulta molto importante evidenziare il rapporto tra fibre e aria con cui si presenta il tessuto che per garantire performances ottimali dovrà presentarsi con un 10-20% di fibre contro un 80-90% di aria. A livello microscopico una buona strategia può essere quella di aumentare la finezza delle fibre poiché all'aumentare della finezza aumenta la capacità di intrappolare aria. Ne consegue perciò da qui l'importanza nell'utilizzo delle microfibre²⁸ delle quali si seguito vengono riportati i valori di HTI24 per alcuni assemblati realizzati in azienda:

TESSUTO ESTERNO (assemblaggio 3 strati)	PESO COMPLESSIVO DELL'ASSEMBLAGGIO [g/m ²]	HTI24 [s]
TELA 80 g/m ² 100% META-ARAMIDE (microfibra)	390	14,5
TELA 110 g/m ² 100% META-ARAMIDE (microfibra)	420	14,9
TELA 150 g/m ² 100% META-ARAMIDE (microfibra)	460	15,6

Tabella 3-3. Confronto di HTI24 per tessuti con diverso peso

Per quanto riguarda le prove di trasmissione del calore in fase di omologazione, queste vengono effettuate sia in assenza sia in presenza di quadrettature.

Come si può notare dai risultati numerici riportati in [Tabella 3-4], il capo non quadrettato presenta dei valori sicuramente più performanti del capo quadrettato (dalla tabella infatti si può apprezzare come il capo non quadrettato presenti valori di HTI24 pari a 15,59 contro i 14,50 del capo quadrettato) in quanto il cucirino utilizzato nella realizzazione della quadrettatura (nel caso della tuta da racing viene realizzata con filo cucirino tex 27⁸) rappresenta una via di propagazione preferenziale della fiamma.

⁸ Come verrà attentamente approfondito in seguito con tale dicitura si intende il peso in grammi per km di filo

L'uso della quadrettatura non deve tuttavia essere ascritta unicamente a questa caratteristica, essa infatti oltre a fornire un'apprezzabile qualità estetica ed una possibilità aggiuntiva di personalizzazione del capo permette di garantire al capo una solidità strutturale apprezzabile.

Nelle procedure definitive ai fini omologativi vengono poi considerati unicamente i campioni quadrettati in quanto rappresentano le condizioni peggiorative dell'assembly (come riportato in [Tab. 3-4] nel punto 6021.03 "*Sample used for the test defined in point 6022 below: Quilting*").

Anche in questo capo il prodotto è stato testato al calore sia presentato tal quale sia a seguito di lavaggi e asciugature in accordo con la ISO 6330²⁹ di cui sopra. Si nota dunque un flebile peggioramento delle prestazioni che si è tuttavia rivelato conforme alle caratteristiche richieste dallo standard FIA.

6.2. Transmission de la chaleur
Heat Transmission

6021. Les échantillons sont-ils matelassés ? Oui/Yes
Are the specimens quilted?
- 6021.01 Résultat du pré-test de transmission de chaleur avec le matelassage passant par le centre du calorimètre HTI24 14.50 s
Result of the heat transmission pre-test with the quilting passing through the centre of the calorimeter
- 6021.02 Résultat du pré-test de transmission de chaleur sans le matelassage HTI24 15.59 s
Result of the heat transmission pre-test without the quilting
- 6021.03 Echantillons utilisés pour l'essai défini au point 6022 ci-dessous Quilting
Samples used for the test defined in point 6022 below
6022. Essai selon A-2-3 / Test according to A-2-3

		Référence de l'assemblage / Assembly Reference			
6022.01	Before pre-treatment	A01	Heat flux at the start	79.6 kW/m ² 79.5 kW/m ² 79.8 kW/m ²	
			HTI24 Sample1	14.50 s	
			HTI24 Sample2	14.74 s	
			HTI24 Sample3	14.61 s	
			Heat flux at the end	78.2 kW/m ²	
			After pre-treatment	<input checked="" type="checkbox"/> 15 washing cycles of washing procedure: selected by the manufacturer from ISO 6330 Or ISO 06330-6N	
				And <input checked="" type="checkbox"/> 15 dry cleaning (ISO 3175-2).	
				Heat flux at the start	80.3 kW/m ² 80.0 kW/m ² 80.0 kW/m ²
				HTI24 Sample1	14.10 s
			HTI24 Sample2	14.07 s	
	HTI24 Sample3	14.10 s			
	Heat flux at the end	78.3 kW/m ²			

Tabella 3-4. Esiti dei test di trasmissione del calore a fascicolo omologativo della R567

3.3.2 PROVE DI RESISTENZA ALLA FIAMMA

Analogamente a quanto osservato nella preparazione delle prove di resistenza al calore, nello sviluppo del prototipo, è necessario che i tessuti e gli assemblaggi superino le prove di resistenza alla fiamma. Vengono dunque testate le resistenze alla propagazione della fiamma dei principali materiali utilizzati nella preparazione del prototipo ed il mantenimento delle proprietà meccaniche dopo l'esposizione alla fiamma dei diversi assemblaggi e del filo cucirino in accordo con la norma ISO 15025¹⁰.

I requisiti richiesti al materiale riguardano l'ostacolo alla fiamma affinché questa non raggiunga le estremità del campione, che non si presentino post incandescenze né post combustioni, che non si registri la formazione dei detriti né di fori.

Per quanto riguarda la resistenza meccanica degli assemblati a seguito dell'esposizione alla fiamma, questi non devono presentare la rottura dello strato più interno se sottoposti ad uno sforzo meccanico.

La Test House incaricata dell'esecuzione delle prove sul prototipo proseguirà con i test necessari che sono stati descritti precedentemente ma necessita di un'accurata descrizione dei vari materiali costituenti la tuta e della loro precisa collocazione nel progetto finale.

Anche in questo caso perciò il laboratorio viene provvisto del quantitativo necessario alla conduzione dei test per ogni tipo di tessuto comprendendo tutte le possibili combinazioni con le quali questi si presentano nel capo finale. Anche in questo caso vengono sottoposti al test i fili cucirini utilizzati nella produzione del capo e quelle che vengono identificate come cuciture strutturali non devono rompersi.

Di seguito vengono riportati gli esiti dei test di resistenza alla fiamma per quanto riguarda i tessuti utilizzati.

Come si può notare, le prestazioni di post incandescenza vengono valutate sia sul tessuto tal quale (nella trama e nell'ordito), previo lavaggio ed asciugatura, ed in secondo luogo in accordo con la ISO 6330 sui campioni sottoposti al trattamento.

Lo standard internazionale viene utilizzato da un'ampia gamma di valutazione della qualità e delle prestazioni dei tessuti come l'aspetto levigato, il cambiamento dimensionale, l'eventuale distacco di macchie, la resistenza all'acqua, l'idrorepellenza e la solidità del colore al lavaggio domestico. Questo standard internazionale viene utilizzato anche per valutare non solo le caratteristiche dei tessuti stessi, ma anche le prestazioni del capo di abbigliamento, prodotti per la casa e altri prodotti tessili finali. La selezione delle lavatrici e asciugatrici e dei relativi

tipi di zavorra, detersivi e altre opzioni di asciugatura deve essere effettuata in base alla regione internazionale in cui il tessuto verrà utilizzato dai consumatori. La pressione dell'acqua in ogni caso deve essere superiore a 15 kPa e la temperatura dell'acqua deve essere (20±5) °C.

**6. EXIGENCE DE PERFORMANCE
PERFORMANCE REQUIREMENT**

6.1. Résistance aux flammes
Flame resistance

6011. Essais selon l'Annexe A-1 de la norme FIA 8856-2018 / Testing according to Appendix A-1 of the FIA standard 8856-2018

	Référence du matériau / Material Reference		Durée de persistance de la flamme avant le pré-traitement / After-flaming time before pre-treatment		Pré-traitement / Pre-treatment	Durée de persistance de la flamme après le pré-traitement / After-flaming time after pre-treatment		Production de débris enflammés ou fondus et formation de trou / Presence of flaming debris, molten debris or hole formations
			Warp (s)	Welf (s)		Warp (s)	Welf (s)	
6011.01	M01	Side 1	0.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/> 15 washing cycles of washing procedure: selected by the manufacturer from ISO 6330 Or ISO 6330-6N And <input checked="" type="checkbox"/> 15 dry cleaning (ISO 3175-2)	0.0	0.0	Non/No
			0.0	0.0		0.0	0.0	Non/No
			0.0	0.0		0.0	0.0	Non/No
		Side 2	0.0	0.0		0.0	0.0	Non/No
			0.0	0.0		0.0	0.0	Non/No
			0.0	0.0		0.0	0.0	Non/No
6011.02	M02	Side 1	0.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/> 15 washing cycles of washing procedure: selected by the manufacturer from ISO 6330 Or ISO 6330-6N And <input checked="" type="checkbox"/> 15 dry cleaning (ISO 3175-2)	0.0	0.0	Non/No
			0.0	0.0		0.0	0.0	Non/No
			0.0	0.0		0.0	0.0	Non/No
		Side 2	0.0	0.0		0.0	0.0	Non/No
			0.0	0.0		0.0	0.0	Non/No
			0.0	0.0		0.0	0.0	Non/No

Tabella 3-5. Esiti dei test di resistenza alla fiamma a fascicolo omologativo della R567

3.3.3 PROVE DI RESISTENZA MECCANICA

Contemporaneamente alla preparazione dei campioni destinati alle prove al calore e alla fiamma seguono le preparazioni del materiale che verrà sottoposto alle prove di trazione. Una delle principali caratteristiche che viene analizzata è la capacità del materiale di adempiere ai requisiti di trazione previsti anche quando questo viene sottoposto all'esposizione di una fiamma. Se si rapporta questo criterio ad una condizione di pericolo per l'utilizzatore del DPI se ne riconosce l'importanza poiché, come già approfondito, l'eventualità che un tessuto o una cucitura cedano in un contesto di forte esposizione al calore rappresenta l'esposizione diretta del soggetto alla fonte energetica cagionando questo una condizione di pericolo ancora maggiore.

Provini di dimensioni di 140 mm x 140 mm vengono collocati in senso inverso sul medesimo dispositivo previsto già per quanto descritto in accordo con la norma ISO 9151.

Una fiamma viene dunque apposta per un tempo di 11 s ed entro un tempo massimo di un minuto il provino viene posizionato su un piano orizzontale e ripiegato su se stesso all'altezza della metà dell'area in cui ha insistito la fiamma.

Viene dunque applicato un carico di 2 kg per un tempo di 3 s nella zona prossima alla piegatura. Il carico viene quindi rimosso e il provino viene ripiegato nel verso opposto per poi prevedere la ripetizione della procedura.

L'operazione viene ripetuta cinque volte e ovviamente il tessuto deve dimostrarsi intatto al termine della prova.

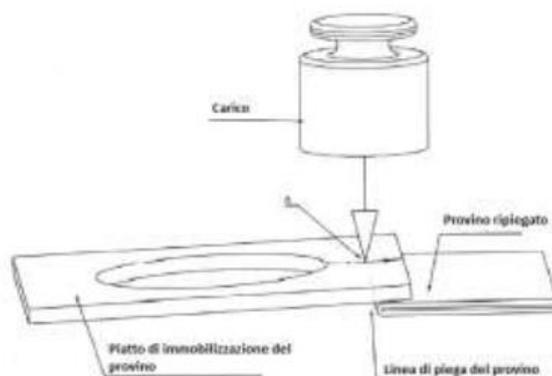


Figura 3-5. Schema illustrativo di una prova di trazione eseguita su provino sottoposti alla fiamma

Questa prova prevede principalmente la conferma che la parte più interna dell'assemblaggio, ovvero la fodera, sia in grado di resistere a condizioni estreme di collaudo.

Un'altra prova alla quale vengono sottoposte quelle che con la nuova norma FIA 8856:2018 vengono definite con maggior accuratezza "strutturali" (si ricorda infatti che tali cuciture identificavano unicamente le unioni tra tutti gli strati previsti nell'assembly mentre nel nuovo standard 8856:2018 assumono l'accezione di unioni tra tessuti con fodera separata) è la prova di trazione in accordo con la norma ISO 13935-2¹³ dove si verifica la capacità di queste di resistere ad una sollecitazione in trazione di 300 N.

La prova viene spesso affiancata, in fase di preparazione del prototipo come nel caso affrontato, con delle prove interne realizzate dal produttore in prima persona come la prova UNI EN ISO 13936-2³⁰ ovvero la trazione finalizzata alla determinazione della resistenza allo scorrimento dei fili in corrispondenza della cucitura nei tessuti ortogonali (che di fatto è la norma che viene considerata per realizzare i controlli qualitativi interni all'azienda).

La prova ha lo scopo infatti di realizzare delle verifiche riguardo lo scorrimento di fili paralleli i condizioni di cuciture normalizzate. Va considerato che questa prova non viene realizzata per tessuti di natura elasticizzata in quanto darebbe risultati non verosimili e ci si propone di definire le prestazioni del tessuto osservando l'apertura determinata dallo scorrimento dei fili in corrispondenza delle cuciture.

I tessuti tecnici possono essere osservati e analizzati a differenti livelli e scale. I due approcci fondamentali che vengono distinti sono la micro-meccanica e la macro-meccanica, la prima è lo studio dei componenti e del loro comportamento a livello microscopico mentre la seconda considera il tessuto come un sistema omogeneo e anisotropo con le proprie proprietà di resistenza e rigidità. In generale la caratterizzazione di un tessuto dovrebbe essere identificata dalla macro-meccanica mentre la micro-meccanica dovrebbe comprendere la direzione del rinforzo, la sua uniformità, la densità delle fibre e le caratteristiche geometriche della fibra.

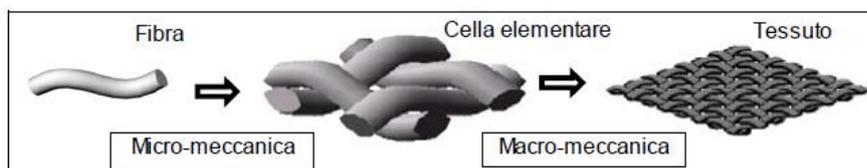


Figura 3-6. Livelli di osservazione di un tessuto

La disposizione, le proprietà e la struttura delle fibre all'interno del fascio di un tessuto portano all'insorgenza di un complesso meccanismo di deformazione. Un possibile modello che aiuti ad identificare le strutture dei tessuti è quello degli elementi finiti ovvero una combinazione di elementi geometrici e meccanici

considerando l'ondulazione del filato, il tipo di contatto tra ordito e trama e il tipo di tessitura.

Un'analisi approfondita e con una modellizzazione complessa di ogni tipo di armatura prevista dai tessuti esula dalla portata di questa tesi che si limiterà invece alla modellizzazione di una cella unitaria identificata dall'armatura Plain Weave.

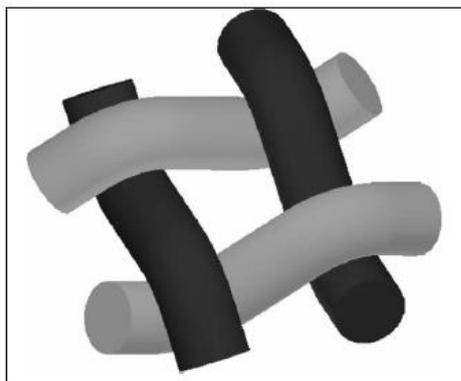


Figura 3-7. Illustrazione dell'architettura di una cella elementare dell'armatura Plain Weave

Nella fase di progettazione e prototipia la scelta delle cuciture che vengono realizzate in corrispondenza delle cuciture definite come strutturali è frutto della collaborazione tra la conoscenza tecnica del reparto di R&D che viene completata e che, umilmente, si affida, all'abilità e all'esperienza degli operatori stessi che con dedizione si impegnano nello sviluppo e nel miglioramento del progetto.

Le prove di resistenza meccanica vengono realizzate secondo il criterio descritto precedentemente, per quanto riguarda il prototipo omologativo della Competition R567 gli esiti riportati sono i seguenti:

6.3. Résistance mécanique Mechanical resistance

6031. Essais selon l'Annexe A-4 de la norme FIA 8856-2018 / Testing according to Appendix A-4 of the FIA standard 8856-2018

	Référence de l'assemblage / Assembly Reference	La couche la plus à l'intérieur reste intacte / Innermost layer remains intact
6031.01	A01	Oui/yes
6031.02	A02	Oui/yes
6031.03	A03	Oui/yes
6031.04	A04	Oui/yes
6031.05	A05	Oui/yes
6031.06	A06	Oui/yes
6031.07	A07	Oui/yes

Tabella 3-6. Esiti dei test di resistenza meccanica a fascicolo omologativo della R567

Come da standard omologativi, il campione ha previsto un ottimo comportamento della fodera che ha resistito alle sollecitazioni senza mostrare cedimenti.

Vengono dunque testati anche i cucirini nelle diverse varianti previste nella fase di confezione (tex 80 per le cuciture strutturali, tex 40 per le impunture e tex 27 per le quadrettature e le cuciture decorative esterne).

I risultati sono stati di questo tipo:

6.4. Résistance aux flammes du fil Thread flame resistance

6041. Essais selon l'Annexe A-5 de la norme FIA 8856-2018 / Testing according to Appendix A-5 of the FIA standard 8856-2018

	Référence du fil / Thread Reference	Temps de persistance de la flamme / After-flaming time			Présence de débris enflammés ou débris fondus / Presence of flaming debris or molten debris	Fil rompu / Broken thread
		Echantillon / Sample n°1	Echantillon / Sample n°2	Echantillon / Sample n°3		
6041.01	T01	0.0 s	0.0 s	0.0 s	Non/No	Non/No
6041.02	T02	0.0 s	0.0 s	0.0 s	Non/No	Non/No

Tabella 3-7. Esiti dei test di resistenza alla fiamma del cucirino a fascicolo omologativo della R567

Infine sono stati testati gli Assembly secondo la norma UNI EN ISO 13935-2. In [Tab. 3-8] vengono riportati gli esiti per alcune delle cuciture considerate. Per ogni campione, come è possibile osservare dai dati riportati sono stati realizzati un numero di provini pari a cinque.

Vengono inoltre riportate le caratteristiche delle prove di trazione che sono state realizzate sulle spalline (si ricorda che la cucitura riguardante le tre varianti degli estrattori deve resistere a carichi maggiori rispetto a quelli previsti per le cuciture definite strutturali):

6.5. Résistance à la traction des coutures de structure et des systèmes de fermeture structurels
Tensile strength of structural seams and structural closure systems

6051. Essais selon l'Annexe A-6 de la norme FIA 8856-2018 / *Testing according to Appendix A-6 of the FIA standard 8856-2018*

	Référence de la couture ou du système de fermeture / Seam or closure system reference	Charge / Load (N)	Rupture par "déchirure du tissu" ou "déchirure du tissu au niveau des mâchoires" / Rupture by 'fabric tear' or 'fabric tear at the jaws'
6051.01	S01	648	Non/No
		642	Non/No
		658	Non/No
		634	Non/No
		654	Non/No
6051.02	S02	896	Non/No
		806	Non/No
		809	Non/No
		754	Non/No
		764	Non/No
6051.03	S03	596	Non/No
		576	Non/No
		724	Non/No
		599	Non/No
		574	Non/No

Tabella 3-8. Esiti dei test di resistenza alla trazione delle cuciture strutturali previste a fascicolo omologativo della R567

6.6. Résistance à la traction des poignées d'épaule
Tensile strength of shoulder handles

6061. La poignée d'épaule a-t-elle différents types de coutures à chaque extrémité ? / *Does the shoulder handle have different types of seams at each end?* **Oui/yes**

6062. Essai des poignées d'épaule selon l'ANNEXE A-7 / *Test of the shoulder handles according to APPENDIX A-7*

6062.01 Photo de l'échantillon avec la couture avant dans le banc d'essai / *Photo of sample with the front seam in the test rig*

6062.02 Photo de l'échantillon avec la couture arrière (seulement si elle est d'un type autre que celui de la couture avant) / *Photo of rear seam of the sample (only if it is a different type than the front)*



Sample 1



Sample 2

Figura 3-8. Prove di resistenza alla trazione delle spalline previste a fascicolo omologativo della R567

		Coutures à l'avant de l'épaule / Seam at the front of the shoulder		Coutures à l'arrière de l'épaule (seulement si nécessaire) / Seam at the rear of the shoulder (only if needed)	
		Charge / Load (N)	Rupture par / rupture by	Charge / Load (N)	Rupture par / rupture by
6062.01	Sample 1	643	Fabric tearing at the seam	666	Fabric tearing at the seam
6062.02	Sample 2	758	Breakage of sewing threads	509	Breakage of sewing threads

Tabella 3-9. Esiti delle prove di resistenza a trazione delle spalline previste a fascicolo omologativo della R567

A seguito di quanto affrontato in precedenza, tutte le cuciture previste per gli estrattori si sono verificate conformi agli standard FIA.

3.3.3.1 IL PROCESSO DI CONFEZIONE

Come accennato precedentemente l'obiettivo del produttore sta nel mettere il prototipo nella condizione di poter testare il maggior numero di casistiche possibili in fase di testing così da poter garantire una maggior libertà in fase di modellizzazione del progetto finale, sia come accoppiamento di tessuti, come orientamento di tessuti e come stile di cucitura.

Risulta intanto fondamentale soffermarsi su una breve digressione su quelle che sono le principali tecniche di confezione utilizzate nell'azienda ospitante per poi affrontare i criteri di accoppiamento del tessuto e comprendere al meglio la necessità di creare il maggior numero di scenari possibili in prototipia.

Le cuciture principali vengono realizzate principalmente con due diverse macchine:

- **Macchina da cucire lineare:** la classica macchina da cucire che permette di realizzare unioni strutturali o decorative con la possibilità di impostare il passo dei punti di 4 punti/cm, come da omologa FIA;
- **Taglia e cucì (tagliacuci):** questa macchina particolare permette di unire in un unico passaggio il taglio, la cucitura e la rifinitura del pezzo. Questa macchina risulta estremamente importante nel trattamento dei capi che tendono a stramare e si mostrano come più complessi da trattare;

In fase di confezione le titolazioni di fili che vengono prese in considerazione sono tre: tex 80, tex 40 e tex 27. Il primo, più spesso, viene usato nella costruzione di una cucitura strutturale e di unione mentre i secondi due vengono utilizzati per le ribattiture e le cuciture decorative.

Nella fase di preparazione dei campioni per la Test House risulta estremamente importante riportare accuratamente anche le titolazioni dei fili che vengono utilizzate per le varie operazioni dal momento che queste dovranno in seguito presentarsi come fedele riproduzione del prodotto finale.

Le principali variabili e accoppiamenti che possono essere accostate in fase di confezione e che si uniscono alla semplice cucitura di unione lineare sono la sorfilatura (o sorgettatura) che viene realizzata con la macchina tagliacuci e che risulta particolarmente importante in fase di rifinitura in quanto previene che il tessuto strami sfilacciando e la ribattitura ovvero una cucitura di rinforzo che si suddivide in ribattitura a riva (o in cima e dunque in prossimità del bordo del tessuto) o a pedina (anche detta a margine e distanziata da normativa di 1,2 cm dal margine del tessuto).

Sebbene il processo di selezione delle cuciture possa sembrare, ad un primo impatto, molto statico, in un contesto nel quale resistenza, ingombro e estetica assumono nella finalizzazione del prodotto la medesima importanza il processo di confezione diventa una vera e propria scienza che non sarebbe così facilmente affrontabile se non fosse sostenuto dall'esperienza e dall'intelligenza degli operatori in sartoria.

Con l'evoluzione della normativa il concetto di cucitura strutturale viene ampliato a tutte le cuciture, come si evince dal termine, riguardanti la struttura principale del capo, escludendo quelle che riguardano accessori e inserti decorativi. Queste cuciture strutturali saranno proprio quelle che verranno poi indagate in fase di testing e che dovranno essere preparate come materiale necessario alla Test House.

Nel progetto introdotto, l'omologa R567, si è stati in grado di ricostruire un considerevole numero di variabili per un totale di 27 diverse cuciture con sette ulteriori variabili di tessuto.

Numerazione associata da SPARCO	DESCRIZIONE	DETTAGLIO CUCITURA
SPALL1	inserita nel giro	tessuti uniti, ribattuti a riva e inseriti nel giromanica
SPALL2	apoggiata	tessuti uniti con cucitura passate al girello
SPALL3	attaccatura lato collo	tessuti uniti e bloccati nella cucitura del collo
1	collo (8777 a 8777)	collo cucito e ribattuto a riva
2	cerniera	come standard omologative
3	interno manica, interno gamba, manica a corpo (8777 a 8777)	cucitura lineare di unione, sorgettati uniti e non ribattuti
4	polci e caviglie non ribattuti	tessuti uniti con cucitura lineare di unione, sorgettati uniti ma non ribattuti
5	polci e caviglie ribattuti	tessuti uniti con cucitura lineare di unione, sorgettati uniti, ribattitura a pedina passante
6	cavalino davanti (8777 a 8777)	sorgettati separatamente, uniti con cucitura passante e ribattuti a riva e a pedina
7	fianchetto sx con Punto Milano anteriore (8777 a Punto Milano)	cucitura di unione in pulito e tessuti esterni ribattuti a riva escludendo interno
8	fianchetto dx (TARSP e 8777)	interni sorgettati separatamente, sovrapposti di 12 cm per parte, tessuti ribattuti a riva e ribattitura passante di tutti i tessuti
9	fianchetto sx: posteriore, mezzo girello posteriore (8777 e Punto Milano)	tessuti sorgettati uniti e ribattitura a riva
10	fianchetto mezzo girello posteriore (TARSP e Punto Milano)	TARSP e Punto Milano uniti, sorgettati e ribattuti a riva su tessuto
11	unione fianchetto dx: a inserto posteriore (Punto Milano e TARSP)	TARSP e Punto Milano uniti e sorgettati insieme, ribattuti a pedina su Punto Milano
12	unione fianco dx (TARSP TARSP)	tessuti uniti con cucitura lineare, sorgettati insieme e ribattuti a pedina
13	manica a corpo dx (TARSP E 8777)	TARSP e 8777 uniti con cucitura lineare e sorgettati insieme
14	manica a corpo dx e sx (8777 e Punto Milano)	8777 e Punto Milano uniti con cucitura lineare e sorgettati insieme
15	unione interno manica superiore (8777 e 8777)	interni sorgettati separatamente, sovrapposti di 12 cm per parte, tessuti ribattuti a riva e ribattitura passante di tutti i tessuti
16	unione inserto a schiena superiore (Punto Milano e 8777)	interni sorgettati separatamente, sovrapposti di 12 cm per parte, tessuti ribattuti a riva su 8777 e ribattitura passante di tutti i tessuti
17	unione inserto a schiena inferiore (8777 e Punto Milano)	8777 e TARSP uniti con cucitura lineare passante e poi ribattuti con interni sul Punto Milano
18	Unione pantalone posteriore (8777 e 8777)	tessuti uniti con cucitura lineare, sorgettati uniti e ribattuti a pedina
19	unione fianco sinistro (8777 e 8777)	cucitura lineare di unione dei tessuti, sorgettati insieme e ribattitura a riva sul Punto Milano
20	unione fianco pantalone (8777 e 8777)	tessuti uniti con cucitura lineare di unione, sorgettati insieme e ribattuti a pedina
21	spalla	tessuti uniti con cucitura lineare, sorgettati uniti e ribattuti a riva
22	unione girello	cucitura in pulito e ribattitura a riva
23	bloccaggio girello sx	unione con cucitura lineare
24	nasca	unione con cucitura lineare
25	Interno manica (Monaco a Monaco)	tessuti uniti con cucitura lineare di unione, sorgettati insieme e ribattuti a pedina
26	Manica a gomitiere interna (Monaco a Punto Milano)	tessuti uniti con cucitura lineare, sorgettati uniti e ribattuti a pedina sul Monaco
27	Unione interno manica superiore (8777 a Monaco)	interni sorgettati separatamente, sovrapposti di 12 cm per parte, tessuti ribattuti a riva su 8777 e ribattitura passante di tutti i tessuti
28	Unione interno manica superiore (8777 a Monaco)	uniti con cucitura lineare, sorgettati insieme e ribattuti a pedina su 8777
29	unione manica a gomitiere interna (Punto Milano e Monaco)	interni sorgettati separatamente, sovrapposti di 12 cm per parte, tessuti ribattuti a riva e ribattitura passante di tutti i tessuti

Tabella 3-10. Seams Scheme omologa R567, Sparco S.p.A

La complessità di una cucitura non si basa solo sull'analisi dello spessore che potrebbe eventualmente risultarne ma riguarda anche l'attenzione alla salvaguardia dell'integrità del tessuto che verrebbe completamente indebolito da un eccessivo numero di cuciture (non vale dunque la regola per cui un maggior numero di passaggi portano ad un risultato migliore).

Una variabile che sicuramente va considerata è la tensione che viene applicata dalla macchina: il principio di funzionamento di una macchina da cucire è piuttosto semplice, si hanno infatti due fili superiore ed inferiore (spola) che si incrociano nel mezzo del tessuto per formare il punto. La tensione con la quale si regola la macchina è fondamentale sia per quanto riguarda la buona tenuta del punto nel caso in cui una delle due o entrambe le tensioni si presentano lasse e o nel caso in cui le tensioni risultano eccessive e si genera un inevitabile arricciamento del tessuto.



Figura 3-9. Illustrazione delle casistiche di regolazione delle tensioni in una macchina da cucire

Nella sua accezione più generale una macchina da cucire è costituita da una base dalla quale si innesta un montante che contiene gli organi di movimento e sostiene

il braccio ad esso applicato. Il braccio a sua volta termina con la testata che supporta la barra ago, il piedino e gli organi che determinano la tensione sul filo superiore, le macchine moderne si avvolgono anche di una guidafile per l'avvolgimento della bobina che risulta necessaria per un corretto avvolgimento della bobina. La bobina viene inserita nel "filarello" che sovente ha un piccolo fermo di plastica su un lato che blocca l'avvolgimento della bobina raggiunta una certa quantità di filo. Affinché la macchina funzioni correttamente, la bobina deve essere posizionata nel modo giusto nel suo alloggiamento.

Si ha poi un portarocchetto dove viene inserita la spoletta (o spola) insieme al filo. Il portarocchetto può essere verticale o orizzontale, con un fermo di plastica che evita che il filo si sfilì durante l'operazione di cucitura. Alcune macchine hanno due portarocchetto separati poiché supportano la cucitura con doppio ago.

In alcune macchine c'è anche un tagliafilo alla base del filarello per tagliare e fermare l'estremità del filo che viene inizialmente avvolta manualmente. Sotto la base si trovano gli organi che servono alla formazione del punto (ovvero il Crochet e le spoline che sono state citate precedentemente).

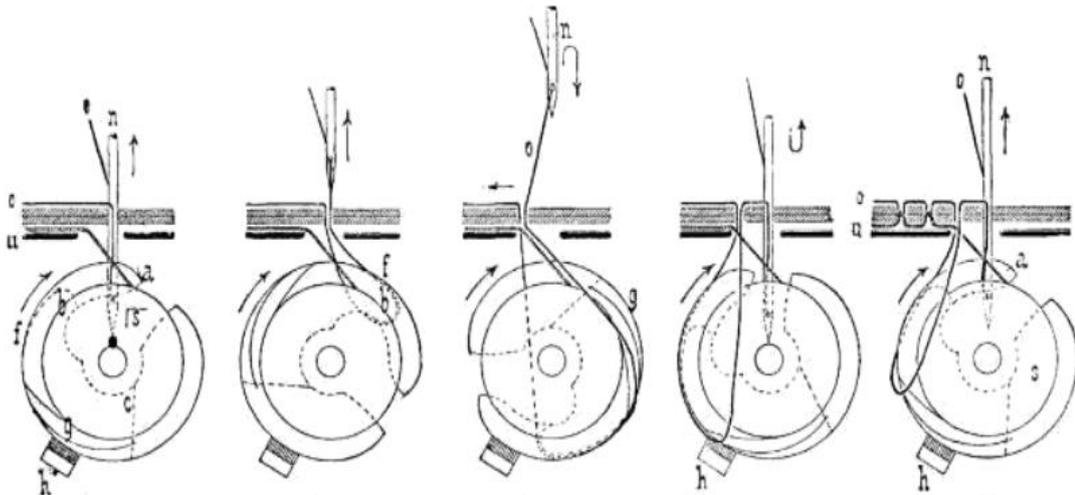


Figura 3-10. Schema di funzionamento di una macchina da cucire

L'ago viene avvitato alla macchina tramite una vite e viene spesso montato con un piedino ed un premistoffa ovvero un sistema che si occupa di mantenere il tessuto piatto e in pressione durante la fase di cucitura la quale pressione viene regolata da un'apposita manopola, un nastro trasportatore invece si impiegherà di trasportare la stoffa per facilitare il processo.

L'ago infine è la componente fondamentale della macchina da cucire. L'insieme di tutti questi organismi rappresenta il corpo principale di una macchina da cucire, va inoltre considerato che un'articolata definizione della confezione risiede anche nella suddivisione e nella ripartizione di sei diverse classi di punto definite dalla norma DIN 61400 del 1991. Di seguito verrà riportata una breve legenda della

suddivisione, va considerato che i fili dell'ago vengono rappresentati in giallo, quelli del Crochet in rosso e i fili di copertura in blu:

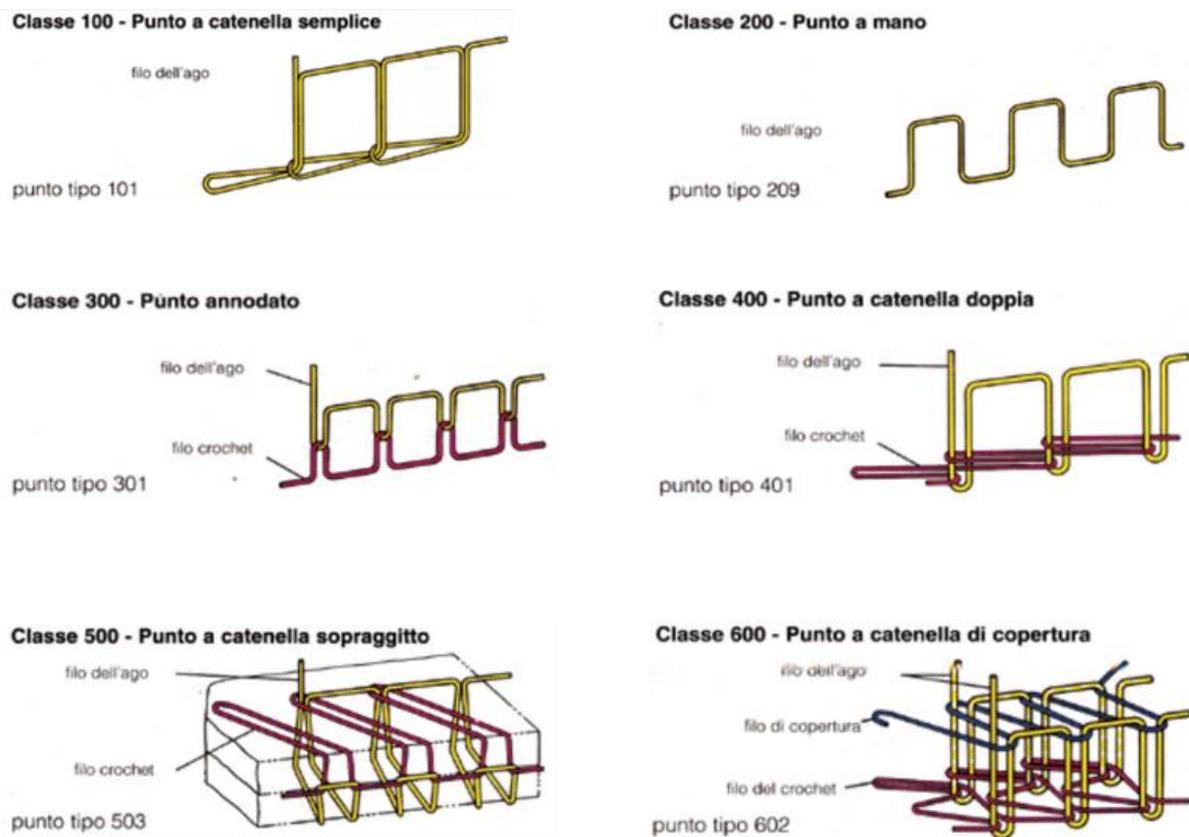


Figura 3-11. Rappresentazione schematica delle sei diverse classi di punti

Nello specifico vengono descritti come:

- Classe 100 - punto a catenella semplice: ciascun coppia del filo viene concatenato con il successivo coppia dello stesso filo e i due lati della cucitura si presentano diversamente. Questo tipo di punto è facilmente disfabile partendo dall'ultimo incrocio sino al primo;
- Classe 200 - punto a mano: questo punto, che può essere realizzato anche da alcune macchine è particolarmente utile per cucire i bordi;

- c. Classe 300 - punto annodato: questa cucitura è molto più complessa da disfare delle precedenti e rappresenta il tipo di cucitura universale (una rappresentazione del processo di esecuzione viene riportata in [Fig.3-12]). Il filo superiore viene annodato con quello inferiore e la cucitura presenta il medesimo aspetto da entrambi i lati;
- d. Classe 400 - punto a catenella doppia: i fili del primo ago vengono fatti passare attraverso il tessuto e annodati con i fili del Crochet. Anche questo punto è facile da disfare e si presenta abbastanza elastico;
- e. Classe 500 - punto a catenella sopraggitto: questi punti si realizzano con un sistema di concatenamento di uno o più fili. I cappi di un sistema di fili vengono fatti passare attraverso il tessuto e fissati allacciandosi tra di loro o con altri fili passando attorno all'orlo;
- f. Classe 600 - punto a catenella di copertura: questi vengono realizzati con un sistema a tre fili dove il filo di copertura viene annodato tra i ranghi paralleli del filo superiore;

Nella realizzazione del prototipo sono state individuate diverse aree di divisione della tuta e per ognuna di queste sono state previste cuciture più o meno spesse impegnandosi nella coincidenza di massima snellezza e resistenza del sistema.

Nella preparazione di una nuova tuta omologativa nello specifico ci si concentra su alcune zone di particolare sollecitazione ed importanza in quanto quelli maggiormente sottoposti a sforzo di trazione dal pilota stesso, ovvero:

- 1. La zona di unione dell'inserto elasticizzato posteriore con la schiena che risulta delicata non solo in quanto rappresenta una zona di maggiore sollecitazione ma anche perché deve garantire il massimo livello di comfort possibile per il pilota;
- 2. L'unione posteriore del pantalone per la quale vale un discorso analogo rispetto a quanto detto per la precedente unione con l'unica aggravante che in questa non è prevista la presenza di un inserto elasticizzato che quindi garantisca miglior mobilità;
- 3. Gli estrattori;

Va specificato che, come riportato nel capitolato delle cuciture, tutte le unioni strutturali vengono realizzate con filo TEX 80, la sorfilatura e l'unione dei tessuti negli estrattori con filo TEX 40.

La particolarità di questo prototipo risiede su una prima innovazione che riguarda l'utilizzo di una nuova cucitura nella zona di inserimento dell'elasticizzato nel tessuto rigido della schiena (1) che è considerato uno dei punti più critici della tuta. L'assemblaggio viene considerato separatamente prevedendo una prima sorfilatura solo degli interni così da garantire un minor afferraggio in fase di unione e una minor tendenza alla sorfilatura per lo stesso criterio che è stato accennato in precedenza, questi vengono poi sovrapposti di 1,2 cm per parte (unione a margine stabilito dallo standard omologativo), uniti con cucitura lineare e poi procedendo con una ribattitura due volte ottenendo un assemblaggio estremamente resistente alla trazione e conferendo, tuttavia, un aspetto meno snello alla sezione di cucitura.

Per l'unione posteriore del pantalone invece è stata prevista sequenzialmente una cucitura di unione, una sorfilatura di unione e una ribattitura a margine di 1,2 cm dal momento che questa zona, più delicata per il comfort del pilota, necessitava sicuramente di una cucitura più sottile.

Per quanto riguarda gli estrattori infine (3) sono state previste tre diverse cuciture di unione che venissero testate in trazione ovvero la cucitura che prevedeva l'inserimento della spallina nel giromanica, la cucitura di appoggio dell'estrattore nella spalla e la cucitura di inserimento dell'estrattore nel lato del collo. Queste particolari unioni sono considerate molto delicate in quanto gli standard necessari alle strutturali in questa specifica zona sono maggiori rispetto a quelli vigenti per le restanti cuciture (si prospetta una resistenza infatti di 375 N contro i 300 N delle restanti cuciture strutturali).

3.4 R568

Il secondo progetto omologativo di rilevante importanza che è stato affrontato dall'azienda e considerevole ai fini della stesura di un modello valutativo delle prestazioni dei processi di confezione è stato quello riguardante lo sviluppo del progetto omologativo R568.

Questo prodotto classificato come prodotto di alta gamma sorge nel modello di una tuta prodotta dall'azienda con il nome di PRIME.

I tessuti utilizzati in tale contesto sono stati TV608 nel *main assembly* ovvero una tela ultraleggera di indiscutibile resistenza meccanica prevedendo l'utilizzo di un tessuto identificato come *secondary assembly* ovvero 8777 (precedentemente osservato nell'omologa R567). Per gli inserti elasticizzati sono state previste due alternative ovvero il precedentemente citato Punto Milano e un tessuto chiamato Termoelastico, entrambi previsti con la maglina Elix anch'essa osservata nella precedente omologazione.

L'innovazione di questa proposta risiede nella leggerezza del prodotto senza che questa vada ad intaccare gli standard prestazionali richiesti. L'introduzione di una nuova proposta nelle cuciture definite come strutturali (alla quale ci si riferisce indicandola come "piatta") inoltre, non solo garantisce una resistenza alle sollecitazioni meccaniche nettamente migliorativa ma si propone anche come soluzione esteticamente ottimale e dallo spessore sensibilmente ridotto.



Figura 3-12. Bozzetto omologativo della proposta della Prime® 2022 di Sparco S.p.A.

Analogamente con quanto detto in precedenza sono state affrontate un numero elevato di varianti in merito alle cuciture scelte nel confezionamento del prodotto che potessero adeguarsi al meglio alle caratteristiche dei tessuti utilizzati.

	DESCRIZIONE	DETTAGLIO CUCITURA
SPALL1	attaccatura lato collo	tessuti uniti e bloccati nella cucitura del collo
SPALL2	appoggiata	tessuti uniti con cucitura passate al girello
SPALL3	inserita nel giro	tessuti uniti, ribattuti a riva e inseriti nel giromanica
1	collo (TV608-TV608)	collo cucito e ribattuto a riva
2	cerniera	come standard omologative
3	interno gamba	cucitura lineare di unione, tessuti sorgettati uniti e non ribattuti
4	cavallino anteriore (TV608-TV608)	tessuti sorgettati separatamente, uniti con cucitura passante e ribattuti a riva e a pedina
5	fianco sx anteriore (TV608-Punto Milano)	tessuti uniti con cucitura lineare, sorgettati uniti e ribattuti a pedina su TV608
6	unione girello posteriore (TV608-Punto Milano)	cucitura lineare di unione, tessuti sorgettati uniti e ribattuti a riva su TV608
7	unione girello e inserto fianco posteriore (Termoelastico-Punto Milano)	cucitura lineare di unione, tessuti sorgettati uniti e ribattuti a riva su Termoelastico
8	caviglie ribattuti (TV608)	tessuti uniti con cucitura lineare di unione, sorgettati uniti e ribattuti
9	caviglie non ribattuti (TV608)	tessuti uniti con cucitura lineare di unione, sorgettati uniti ma non ribattuti
10	nascar	unione con cucitura lineare
11	unione fianchetto destro (Termoelastico-Termoelastico)	tessuti uniti con cucitura lineare di unione, sorgettati uniti e ribattuti a pedina
12	unione mezzo girello posteriore a corpo destro e manica a corpo (TV608-Punto Milano)	tessuti uniti con cucitura lineare di unione, sorgettati uniti ma non ribattuti
13	unione fianco pantalone (TV608-TV608)	tessuti uniti con cucitura lineare di unione, sorgettati uniti e ribattuti in cima
14	unione inserto schiena superiore (TV608-Punto Milano)	interni sorgettati separatamente, sovrapposti di 1,2 cm per parte, ribattitura a riva su TV608 e ribattitura di unione passante
15	unione inserto schiena inferiore (TV608-Punto Milano)	tessuti uniti con cucitura lineare, sorgettati uniti e ribattuti a riva su TV608
16	unione pantalone posteriore (TV608-TV608)	tessuti uniti con cucitura lineare, sorgettati uniti e ribattuti a pedina
17	unione fianchetto schiena sinistro posteriore (TV608-Punto Milano)	interni sorgettati separatamente, sovrapposto do 1,2 cm per parte, ribattitura a riva su TV608 e ribattitura passante
18	unione fianchetto schiena destro posteriore (TV608-Termoelastico)	interni sorgettati separatamente, sovrapposto do 1,2 cm per parte, ribattitura a riva su TV608 e ribattitura passante
19	unione fianco sinistro inferiore (Punto Milano-Punto Milano)	tessuti uniti con cucitura lineare, sorgettati uniti e ribattuti in cima
20	unione fianco destro inferiore (Punto Milano-Termoelastico)	tessuti uniti con cucitura lineare, sorgettati uniti e ribattuti a pedina su Termoelastico
21	unione spalla sinistra (TV608-TV608)	tessuti uniti con cucitura lineare sorgettati uniti e ribattuti a riva
22	unione spalla destra (TV608-TV608)	tessuti uniti con cucitura lineare sorgettati uniti e ribattuti a pedina
23	bloccaggio girello sinistro	unione con cucitura lineare
24	unione girello	unione dei tessuti in pulito e ribattitura a pedina
25	unione manica superiore (TV608-Termoelastico)	interni sorgettati separatamente, sovrapposto do 1,2 cm per parte, ribattitura a riva su TV608, ribattitura di unione passante
26	unione manica posteriore (TV608-Termoelastico)	cucitura lineare di unione, tessuti sorgettati uniti e ribattuti a pedina su TV608
27	fianco dx anteriore (TV608-Termoelastico)	interni sorgettati separatamente, sovrapposto do 1,2 cm per parte, ribattitura a riva su Termoelastico, ribattitura di unione passante
28	Gamba destra unione superiore e inferiore (TV608-TV608)	interni sorgettati separatamente, sovrapposti di 1,2 cm per parte, tessuti ribattuti a riva e ribattitura passante di tutti i tessuti
29	unione fianchetto destro posteriore inferiore (Termoelastico-Punto Milano)	interni sorgettati separatamente, sovrapposti di 1,2 cm per parte, tessuti ribattuti a riva su Termoelastico e ribattitura passante di tutti i tessuti
30	unione fianchetto sinistro posteriore inferiore (Punto Milano-Punto Milano)	interni sorgettati separatamente, sovrapposti di 1,2 cm per parte, tessuti ribattuti a riva e ribattitura passante di tutti i tessuti

Figura 3-13. Seams Scheme omologa R568, Sparco S.p.A

Anche in questo caso le prestazioni sono state conformi alle aspettative coniugando le richieste di leggerezza ed estetica alla resistenza meccanica per un prodotto definito come Top di Gamma dall'azienda.

Vengono di seguito riportati i risultati dei test previsti per la procedura di omologazione del seguente assembly:

- M01: Esterno del Main, esterno di collo e zip ed interno del flap, densità 102 (g/m²), tessuto 100% Meta-Aramidico;
- M02: Interno del Main, intermedio di collo e zip ed intermedio del flap, densità 243 (g/m²), tessuto 93% Meta-Aramidico, 5% Para-Aramidico, 2% Antistatico;
- M03: Interno dell'assembly del collo, densità 191 (g/m²), tessuto 100% Meta-Aramidico;
- M04: Esterno della zona elastica, densità 246 (g/m²), tessuto 76% Meta-Aramidico. 12% Viscosa, 12% Elastane;

- M05: Strato interno ed intermedio degli inserti elastici, densità 108 (g/m²), 95% Meta-Aramide 5% Para-Aramide;
- M06: Zip, 100% Meta-Aramide;
- M07: Caviglie e polsi, densità 162 (g/m²), 96% Meta-Aramide 4% Elastane;
- M08: Elastico, 81% Meta-Aramide 19% gomma sintetica;

	Référence / Reference	Position / Position	Description de la couture ou du système / Description of seam or system	Matériaux ou assemblages inclus dans la couture ou le système (références des matériaux du Tableau 3021) / Materials or assemblies included in seam or system (material references from Table 3021)
3025.01	S01	Collar	Edge needle felled seam	Edge 1 (M01+M02) with edge 2 (M01+M02+M04) with thread T02
3025.02	S02	Zip	Edge needle felled seam	Edge 1 (M01+M02) with edge 2 (M01+M02) with closure system
3025.03	S03	Internal leg	Single seam	Edge 1 (M01+M02) with edge 2 (M01+M02) with thread T02

Tabella 3-11. Elenco di alcune cuciture previste a fascicolo omologativo della R568

Analogamente con quanto visto per quanto riguarda la tuta Competition R567 viene anche riportato il bozzetto identificativo con cuciture standard previste in fase di omologazione

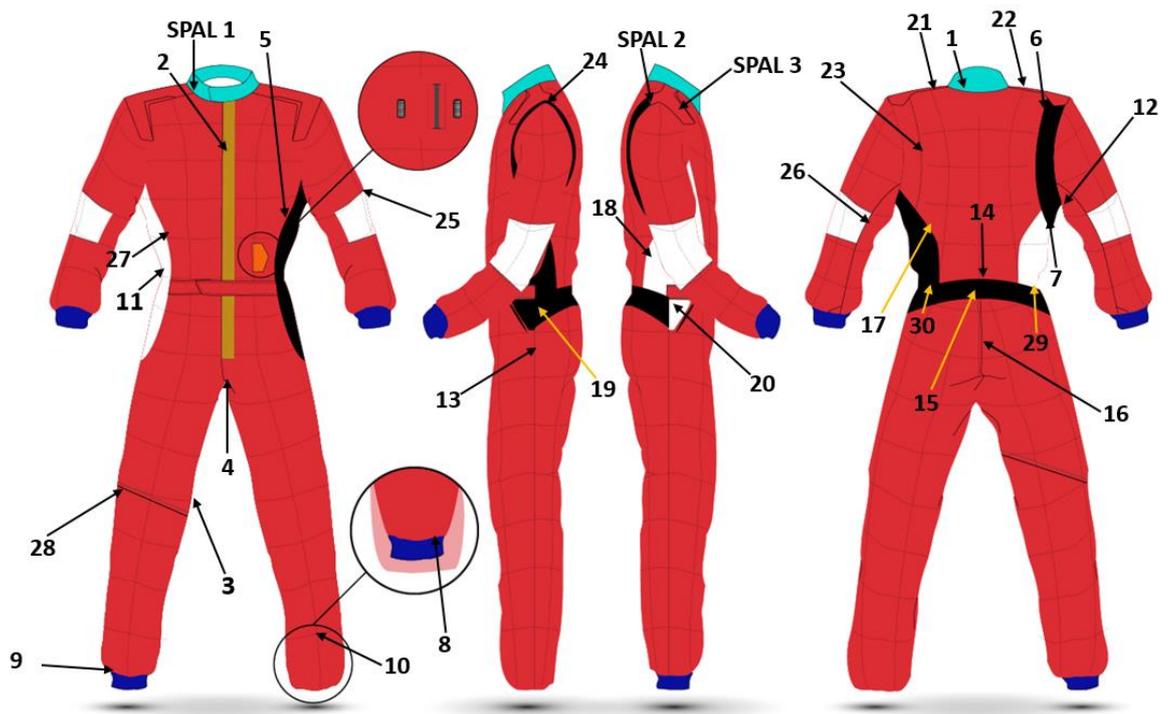


Figura 3-14. Elenco delle cuciture realizzate nella tuta omologativa

Seguono dunque le prestazioni al calore, alla fiamma e alla prova di trazione:

6.2. Transmission de la chaleur Heat Transmission				
6021.	Les échantillons sont-ils matelassés ? <i>Are the specimens quilted?</i>	Oui/Yes		
6021.01	Résultat du pré-test de transmission de chaleur avec le matelassage passant par le centre du calorimètre <i>Result of the heat transmission pre-test with the quilting passing through the centre of the calorimeter</i>	HTI24 12.09 s		
6021.02	Résultat du pré-test de transmission de chaleur sans le matelassage <i>Result of the heat transmission pre-test without the quilting</i>	HTI24 12.03 s		
6021.03	Echantillons utilisés pour l'essai défini au point 6022 ci-dessous <i>Samples used for the test defined in point 6022 below</i>	Without quilting		
6022.	Essai selon A-2-3 / <i>Test according to A-2-3</i>			
	Référence de l'assemblage / Assembly Reference			
6022.01	A01	Before pre-treatment	Heat flux at the start	80.5 kW/m ² 80.4 kW/m ² 80.3 kW/m ²
			HTI24 Sample1	12.03 s
			HTI24 Sample2	12.03 s
			HTI24 Sample3	12.09 s
			Heat flux at the end	78.2 kW/m ²
		After pre-treatment	<input checked="" type="checkbox"/> 15 washing cycles of washing procedure: <input type="checkbox"/> selected by the manufacturer from ISO 6330 Or <input type="checkbox"/> ISO 6330-6N And <input checked="" type="checkbox"/> 15 dry cleaning (ISO 3175-2).	
			Heat flux at the start	79.6 kW/m ² 79.8 kW/m ² 79.7 kW/m ²
			HTI24 Sample1	12.50 s
			HTI24 Sample2	12.41 s
			HTI24 Sample3	12.44 s
			Heat flux at the end	78.2 kW/m ²

Tabella 3-12. Esiti dei test di trasmissione del calore a fascicolo omologativo della R568

Da un primo confronto si può osservare come il comportamento al lavaggio modifichi sensibilmente le prestazioni del tessuto alla trasmissione del calore, l'Honeycomb H220 a contrario di quanto osservato precedentemente per la Bianchina mostra un suscettibile miglioramento che viene giustificato dal fatto che al lavaggio i fili in trama tendono a ritirarsi creando delle sacche d'aria che risultano dunque maggiormente isolanti rispetto all'armatura in condizioni standard.

**6. EXIGENCE DE PERFORMANCE
PERFORMANCE REQUIREMENT**

**6.1. Résistance aux flammes
Flame resistance**

6011. Essais selon l'Annexe A-1 de la norme FIA 8856-2018 / Testing according to Appendix A-1 of the FIA standard 8856-2018

	Référence du matériau / Material Reference		Durée de persistance de la flamme avant le pré-traitement / After-flaming time before pre-treatment		Pré-traitement / Pre-treatment	Durée de persistance de la flamme après le pré-traitement / After-flaming time after pre-treatment		Production de débris enflammés ou fondus et formation de trou / Presence of flaming debris, molten debris or hole formations
			Warp (s)	Welf (s)		Warp (s)	Welf (s)	
6011.01	M01	Side 1	0.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/> 15 washing cycles of washing procedure: selected by the manufacturer from ISO 6330 Or IS 06330-6N And <input checked="" type="checkbox"/> 15 dry cleaning (ISO 3175-2)	0.0	0.0	Non/No
			0.0	0.0		0.0	0.0	Non/No
			0.0	0.0		0.0	0.0	Non/No
		Side 2						

Tabella 3-13. Esiti dei test di resistenza alla fiamma a fascicolo omologativo della R568

Analogamente con quanto osservato già per la Competition R567 le prove alla fiamma sono state ampiamente superate dal campione.

6.5. Résistance à la traction des coutures de structure et des systèmes de fermeture structurels
Tensile strength of structural seams and structural closure systems

6051. Essais selon l'Annexe A-6 de la norme FIA 8856-2018 / Testing according to Appendix A-6 of the FIA standard 8856-2018

	Référence de la couture ou du système de fermeture / Seam or closure system reference	Charge / Load (N)	Rupture par "déchirure du tissu" ou "déchirure du tissu au niveau des mâchoires" / Rupture by 'fabric tear' or 'fabric tear at the jaws'
6051.01	S01	471	Non/No
		486	Non/No
		463	Non/No
		443	Non/No
		521	Non/No
6051.02	S02	479	Non/No
		467	Non/No
		502	Non/No
		414	Non/No
		454	Non/No
6051.03	S03	411	Non/No
		394	Non/No
		445	Non/No
		425	Non/No
		474	Non/No

Tabella 3-14. Esiti dei test di resistenza alla trazione delle cuciture strutturali previste a fascicolo omologativo della R568

In questo caso, da una prima analisi, le prestazioni dell'assembly previsto con 8777 e Bianchina L2026 risultano più performanti di quelle presentate da TV608 e Honeycomb H220.

La condizione meno favorevole alla resistenza meccanica tuttavia è quella che prevede di testare i provini nella direzione della trama, se si andasse a confrontare l'unica cucitura in trama che prevede l'unione di main assembly con main assembly (ovvero gamba nascar cucitura 24 per R567 e cucitura 10 per R568) si osserverebbe come per quanto riguarda la tela si hanno valori indubbiamente maggiori per la Prime rispetto alla Competition.

Segue il report dei dati ottenuti per Competition e Prime:

6051.24	S24	591	Non/No
		692	Non/No
		670	Non/No
		450	Non/No
		449	Non/No

Tabella 3-15. Risultati della cucitura riguardante la gamba Nascar per Competition® R567

6051.10	S10	1378	Non/No
		1397	Non/No
		1360	Non/No
		1344	Non/No
		1407	Non/No

Tabella 3-16. Risultati della cucitura riguardante la gamba Nascar per Prime® R568

Risulta quindi una grande variabilità delle prestazioni per quanto riguarda la direzione nella quale il tessuto è stato cucito per l'armatura a spina (o Twill) che si mostra meno prestante in trama rispetto a quanto si riscontra invece in ordito.

Va specificato inoltre che per quanto riguarda l'ordito ci si aspetta chiaramente una prestazione maggiore per il tessuto 8777 in quanto più pesante e, dunque, più spesso.



Figura 3-15. Prove di resistenza alla trazione delle spalline previste a fascicolo omologativo della R568

6062.01	Sample 1	652	Breakage of sewing threads	604	Breakage of sewing threads
6062.02	Sample 2	450	Breakage of sewing threads	394	Breakage of sewing threads
6062.03	Sample 3	444	Breakage of sewing threads	427	Breakage of sewing threads

Tabella 3-17. Esiti delle prove di resistenza a trazione delle spalline previste a fascicolo omologativo della R568

Analogamente a quanto detto precedentemente, confrontando i risultati ottenuti per quanto riguarda la prestazione degli estrattori (dei quali si sottolinea nuovamente l'importanza nell'ambito in questione), si nota nuovamente una prestazione nettamente superiore nell'accostamento di materiali riguardanti l'omologa R567 e nuovamente la natura del fenomeno è da riscontrarsi nella diversa composizione del tessuto definito 8777 nella direzione dell'ordito che non può far altro che auspicare, come confermato dai dati numerici, a prestazioni più performanti rispetto al sottile tessuto a tela.

Come verrà approfonditamente specificato in seguito, nella fase di campionamento e analisi delle prestazioni dei vari assembly, i tessuti verranno testati nella condizione di peggior prestazione (ovvero entrambi nella direzione della trama) in modo tale che, presumibilmente se gli standard verranno soddisfatti in questa condizione saranno ugualmente conformi nella direzione dell'ordito.

CAPITOLO 4

ANALISI PRESTAZIONALE DELLA CONFEZIONE

Per assicurarsi che il tessuto (inteso come differenza di lotti, pezze e fornitori) non presenti problematiche di partenza e che la scelta delle cuciture risulti solida e funzionale vengono condotti dei test interni in accordo con la UNI EN ISO 13936-2 riguardante la resistenza allo scorrimento dei fili in corrispondenza delle cuciture dei tessuti ortogonali. La prova ha lo scopo di valutare la resistenza allo scorrimento di fili paralleli alle cuciture in condizioni normalizzate ambientali e di cucitura valutando l'apertura dell'unione applicando una determinata forza.

Il risultato della prova viene espresso come mm di apertura della cucitura e la forza applicata può essere di 60 N per tessuti di abbigliamento con una massa areica minore o uguale di 220 g/m² o di 120 N per tessuti di massa areica maggiore

Con l'aiuto del personale di competenza è stato settato il dinamometro sull'analisi del carico di rottura dei provini in modo da emulare internamente la norma UNI EN ISO 13935-2 cercando di discriminare le prestazioni secondo tre diverse variabili: la tintura del tessuto (i tessuti analizzati sono prettamente tinti filo), tipo di cucitura e filo cucirino utilizzato.

Lo studio è stato condotto partendo dai due diversi *main assembly* delle tute omologative seguite personalmente considerando due diverse colorazioni: bianco e rosso.

4.1 LA TINTURA

La tintura è il processo di applicazione del colore attraverso una reazione chimica o fisica e deve essere in grado di selezionare ragionevolmente i coloranti rendendo il processo di tintura tale da garantire prodotti di elevata qualità.

Sulla base della ricerca dell'equilibrio tra costo di produzione e qualità del prodotto, i metodi di tintura si dividono in due differenti famiglie e cinque fasi di produzione garantendo così colori, stili e forme differenti.

Il metodo di tintura può essere ad esaurimento o a foulard:

- **Esaurimento:** prevede l'immersione del tessuto nella vasca di tintura per un tempo adeguato tale che il colore penetri nelle fibre stesse e si fissi, è un metodo semplice ed economico ma implica una bassa efficienza di produzione. Tale tecnica è adatta a tutti i tessuti;
- **Foulard:** prevede l'immersione del prodotto nella vasca di tintura come nel caso precedente ma a seguito di questo, il tessuto, viene sottoposto ad una pressione così che la tintura penetri al meglio e venga eliminato il liquido in eccesso. Questo processo garantisce una migliore uniformità di colorazione ma con una minore versatilità in termini di tipologia di tessuto rispetto alla semplice immersione;

A seconda della modalità di tintura, il processo può essere condotto a quattro diverse fasi di produzione: tinta in massa, tintura in fibra, tintura in capo e tintura in pasta:

- **Tinta in massa** ovvero la colorazione più comune nel settore tessile. La fibra viene tinta nel processo di estrusione;
- **Tintura in capo** in cui il metodo di tintura viene eseguito sul capo finito. Gli indumenti tinti in capo si restringono durante la tintura, hanno un aspetto leggermente usurato sulle cuciture e sono più morbidi al tatto;
- **Tintura in pasta:** i polimeri sintetici soprattutto i poliesteri e le resine polipropileniche sono colorati aggiungendo i pigmenti prima della formazione delle fibre, ossia addizionandoli nella massa fusa o sciolta in un

solvente prima dell'estrusione della filiera. I vantaggi di questa tecnica sono molteplici e garantiscono ottima resistenza alla luce e alla sublimazione (a causa delle dimensioni delle molecole dei coloranti), riduzione dell'inquinamento ambientale, ottima riproducibilità del colore e ricca proposta di colorazioni effettuabili;

- **Tintura in fibra** per la quale le fibre, una volta estruse o dopo essere state filate, possono essere tinte immergendole in una soluzione del colorante desiderato;

Fino alla seconda metà del XIX secolo le sostanze usate per tingere le stoffe erano di origine naturale ma certi metodi adottati sin dall'antichità risultavano rilasciare inevitabilmente un odore sgradevole come il procedimento lungo e complesso impiegato nell'estrazione del rosso turco. Questo processo veniva utilizzato per tingere il cotone di un color rosso vivo che resistesse soddisfacentemente alla luce e al lavaggio e richiedeva ben 38 fasi di esecuzioni per un impiego che arrivava a occupare quattro mesi di lavorazione.

La scoperta del primo colorante di origine sintetica la si deve, nel 1856, a William Henry Perkin ovvero la malveina, una sostanza dal colore violaceo.

Come precedentemente accennato, in molti casi i processi di tintura non si limitano ad immergere il tessuto o la fibra in una vasca contenente il colorante ma si avvalgono spesso dell'uso di una sostanza detta "*mordente*" che tende a legarsi sia alla fibra sia al colorante che, grazie a questo, si fissa alla fibra e cessa di essere solubile in acqua.

La capacità di un colorante di persistere senza alterazioni sul supporto tessile a cui è stato applicato viene definita "*solidità*". La solidità del colore dipende dalla forza con cui le molecole di colorante si legano alle fibre.

La tintura dei tessuti può essere di due tipi: continua ovvero se la tintura è realizzata in successione nel bagno di colorazione in "flow" e discontinua ovvero se la tintura è eseguita in una vasca di tintura in "batch".

Generalmente i tessuti trattati sono tinti in filo seguendo un processo che va dalle 8 alle 72 ore in autoclave nelle quali viene precedentemente realizzato un ambiente alcalino (nel caso specifico) contenente vari prodotti: coloranti imbibenti (per migliorare la capacità di assorbimento di un liquido della fibra), ugualizzanti (per ottenere l'uniformità di colore sulla rocca) e riducenti (per attivare alcuni processi chimici).

Il terzo passaggio è costituito dal lavaggio e dall'ossidazione. Due processi che eliminano l'eccesso di colorante non assorbito dalla fibra e portano il colorante da solubile in acqua ad insolubile.

Le rocche vengono infine asciugate in due fasi: prima tramite centrifugazione per eliminare il 50% dell'acqua assorbita durante la tintura e poi attraverso radiofrequenza o aria forzata, per permettere alla fibra di raggiungere la corretta percentuale di umidità.

Ne va da sé che il filo che viene sottoposto al processo di tintura si trova a sottostare a notevoli stress di temperatura e di pressione che ne modificheranno le caratteristiche meccaniche in caso di trattamento prolungato³¹.

Per questo motivo per ogni tessuto esterno sono state considerate due diverse colorazioni: il bianco naturale ed il rosso (che è supposta essere una delle colorazioni più stressanti tra le proposte dell'azienda).

Al fine di avvalorare la tesi sono stati condotti dei test di trazione su filati di composizione 95% meta-aramide e 5% para-aramide in accordo con la EN ISO 2062³² nelle due diverse condizioni: filato non trattato (greggio) e filato sottoposto a trattamento di colorazione.

La lunghezza di ogni provino è di 500 mm e rampa di carico di 500 mm/min.

La prima evidenza è la differenza di titolazione, i due filati presentano infatti titoli differenti in quanto il filato greggio presenta un titolo di 16,67 tex mentre il filato trattato 17,67 tex.

COLORE	CARICO DI ROTTURA (N)	TENACITA' (cN/dtex)	ALLUNGAMENTO %
Nero	4,68	2,65	19,53
	4,08	2,31	14
	3,45	1,951	8,5
Greggio	4,41	2,64	21,4
	3,65	2,19	15,4
	3,11	1,866	10,4

Tabella 4-1. Risultati dei test condotti sui due diversi filati in accordo con la norma EN ISO 2062, per gentile concessione di Marchi & Fildi S.p.A

Come si può notare dalla [Tab.4-1] il comportamento del filato trattato è da riscontrarsi in media più soddisfacente di quanto non sia quello del greggio. Le prestazioni meccaniche per un filato vengono valutate sulla base della tenacità (cN/dtex) in quanto risulta estremamente complesso e sicuramente poco attendibile calcolare l'area di un filato riuscendo ad ignorare i vuoti riguardanti le dinamiche di torsione dei capi (nel nostro caso una torsione Z) senza l'ausilio di un microscopio elettronico ai fini della realizzazione di un grafico σ - ϵ .

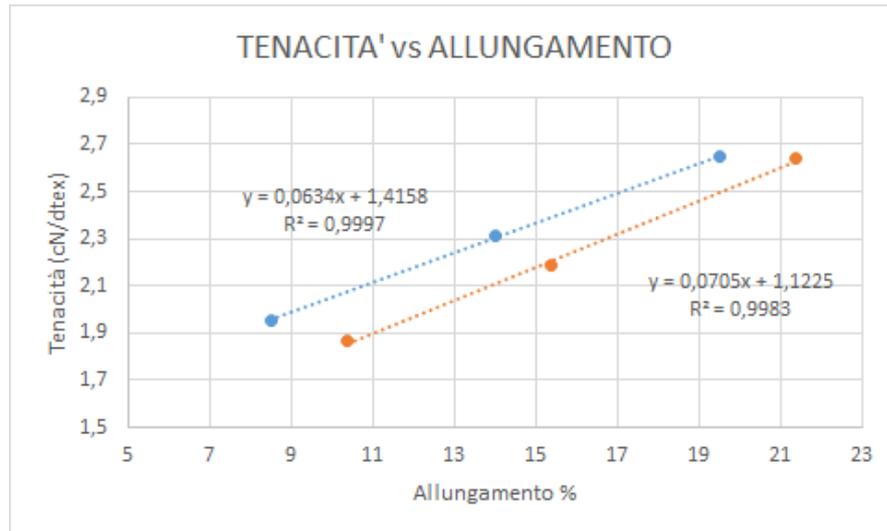


Figura 4-1. Grafico Tenacità vs Allungamento del filato Greggio (in arancione) e Nero (in blu), per gentile concessione di Marchi & Fildi S.p.A.

L'ipotesi formulata per giustificare tale comportamento riguarda principalmente la correlazione tra la struttura cristallina del filo e le elevate temperature alle quali viene sottoposto il filato in fase di trattamento: la tintura ne promuove la mobilità delle catene favorendo la formazione di cristalliti (domini cristallini della struttura), la tenacità dunque essendo strettamente legata alla cristallinità del materiale presenta dunque valori maggiori per il filo trattato rispetto a quelli riguardanti il filo greggio.

L'analisi è stata dunque approfondita verificando le ipotesi con una misura di Calorimetria Differenziale a Scansione sul tessuto a tela piana che verrà poi utilizzato nella fase di definizione del modello di analisi prestazionale, come riportato nel grafico sottostante:

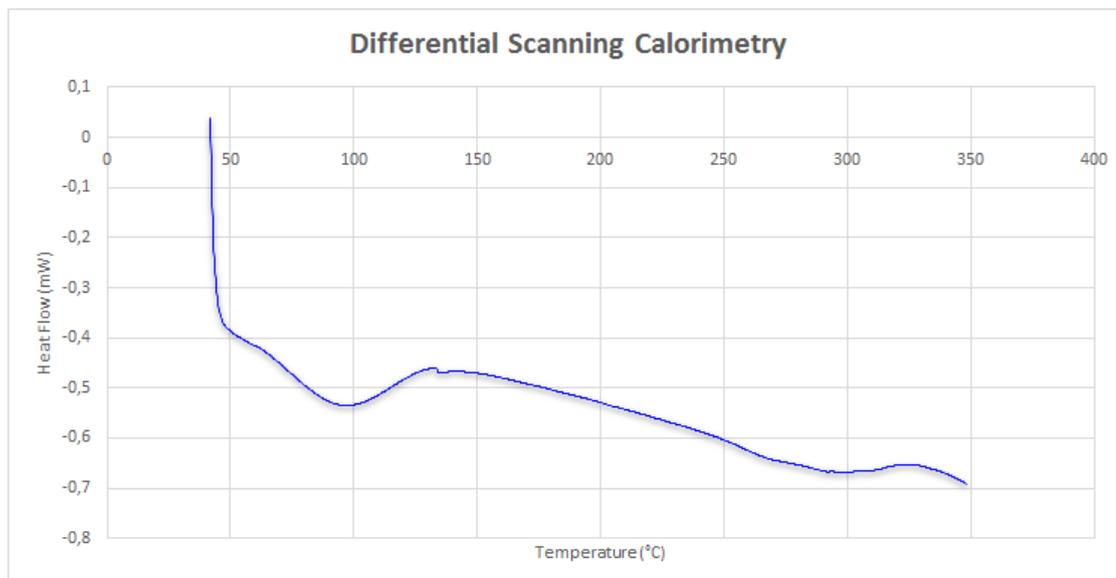


Figura 4-2. Calorimetria Differenziale a Scansione realizzata su TV608 BIANCO, per gentile concessione del Politecnico di Torino

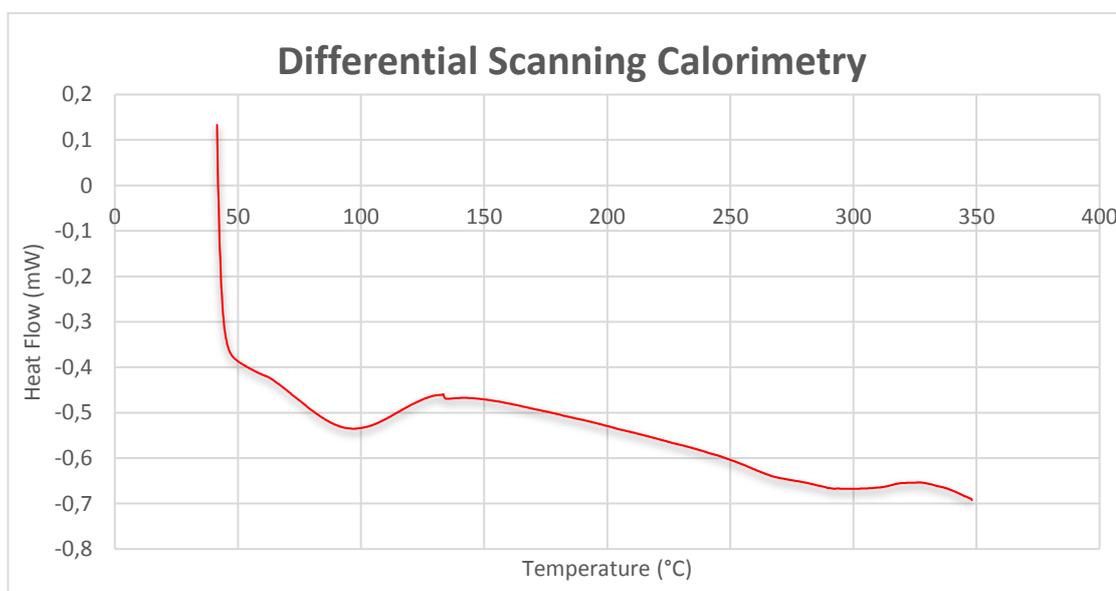


Figura 4-3. Calorimetria Differenziale a Scansione realizzata su TV608 ROSSO, per gentile concessione del Politecnico di Torino

Come dimostrato dalla calorimetria (che è stata riportata a flusso esotermico), si assiste ad un processo di cristallizzazione⁹ a 98 °C, temperature ampiamente raggiunte in fase di tintura (che si svolge infatti intorno ai 125 °C) e che dunque

⁹ Nel grafico riportato, la temperatura di cristallizzazione ovvero T_x viene riportata come una concavità nel grafico poiché il polimero dimostra una cessione di calore da parte del materiale che si evidenzia come una diminuzione del flusso di calore³³

andranno a garantire la formazione di domini cristallini nel filato tinto e, conseguentemente, un carico di rottura maggiore. La temperatura di transizione vetrosa (evidenziata dallo scalino dovuto ad una modifica del calore specifico del materiale) si riscontra invece a circa 60 °C.

Confrontando i dati ottenuti dal capo greggio e quello tinto non si notano sostanziali differenze nel comportamento del campione (in particolare per quanto riguarda la temperatura di cristallizzazione T_x) ciò implica che nel processo di tintura non si ha assistito a degradazione in quanto le catene corte di un polimero degradato tendono più facilmente a riarrangiarsi in domini cristallini e ci si aspetterebbe dunque una T_x minore³³.

Inoltre sono state comparate anche delle analisi Termogravimetriche per il capo tinto (peso iniziale 5,920 mg):

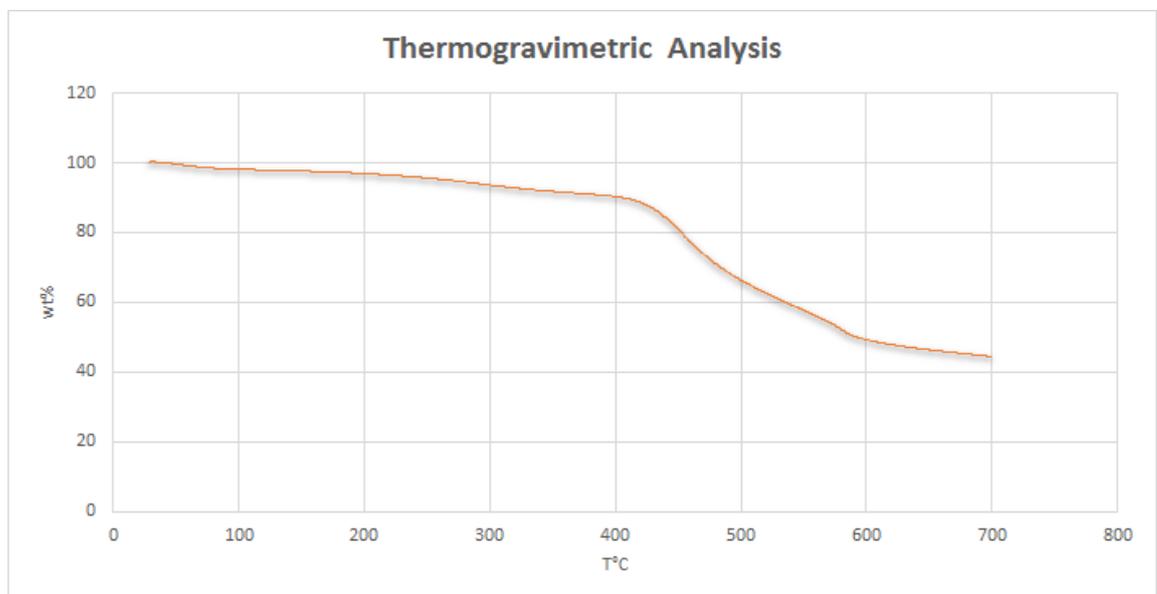


Figura 4-4. Analisi TGA effettuate su campione TV608 ROSSO, per gentile concessione del Politecnico di Torino

Come si osserva dal grafico in [Fig.4-4] sino ai 400°C si osserva una perdita del peso intorno al 10% per poi prevedere un peggioramento a 426 °C.

La temperatura di inizio degradazione (T_{onset}) viene registrata in prossimità di una perdita in peso pari al 2-5% del peso iniziale in quanto perdite minore potrebbero eventualmente essere ricondotte a perdite di umidità o comunque variazioni non di rilevante importanza a fini analitici, nel nostro caso questa viene identificata alla temperatura di 267 °C calcolata ad una perdita in peso del 5% (comportamento peggiorativo rispetto al campione bianco che invece la registra a 431 °C con un peso iniziale di 6,135 g).

La temperatura di perdita del 50% del peso viene identificata oltre i 700 °C per quanto riguarda il campione Bianco mentre per il campione tinto si osserva a 592 °C. Il Nomex® ha un calore specifico di 0,29 cal/g*°C.

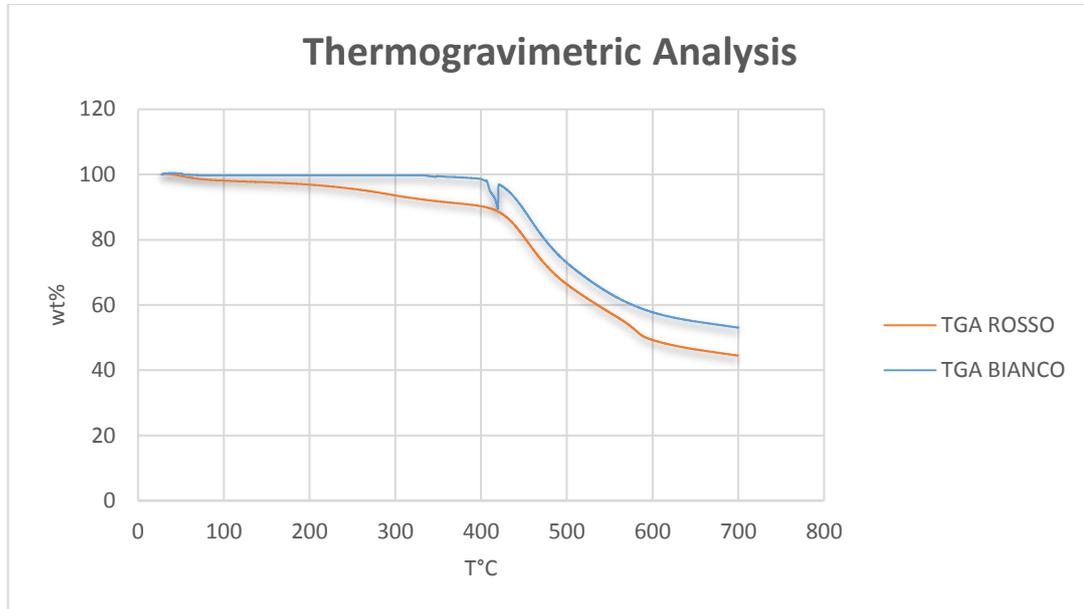


Figura 4-5. Analisi TGA e confronto tra campione ROSSO e BIANCO, per gentile concessione del Politecnico di Torino

In entrambi i casi la degradazione avviene secondo un unico step. Se si osserva il residuo rilasciato per entrambi i campioni è riscontrabile che la R% a 600 °C è differente: nel caso del bianco infatti si avrà un 57% mentre per il rosso un 48%.

Di fatto il processo di tintura prevede l'uso di diversi agenti chimici che possano eventualmente influire sulla struttura del filato, la spiegazione più logica infatti prevede che il meccanismo sia dovuto principalmente alla rottura dei legami a H causata dall'agente di swelling in fase di tintura.

Vengono riportate in [Tab.4-2] le evidenze derivanti dall'analisi in questione:

Campione	STADIO INIZIALE		DEGRADAZIONE TERMICA			
	T (°C)	Weight loss (%)	T (°C)	Weight loss (%)	Max DTG (°C)	R% (600°C)
Greggio	30-430	5,028	430-700	46,95	540	57,7
Tinto	30-270	5,105	270-700	56,53	515	48,95

Tabella 4-2. Confronto analisi TGA realizzata su tessuto greggio e tinto

Nel caso della colorazione di un tessuto in Nomex® si ha un pre-trattamento che consiste in un lavaggio da eventuali residui della filatura e impurità in una soluzione

contenete 1 g/L di detergente per un intervallo temporale di qualche decina di minuti.

A seguito del processo di pulizia la fibra viene asciugata in forni che si premurino di portare il tasso di umidità $RU < 0,1\%$ in quanto si intende eludere la possibilità che si verifichi degradazione a causa dell'elevato tasso di umidità.

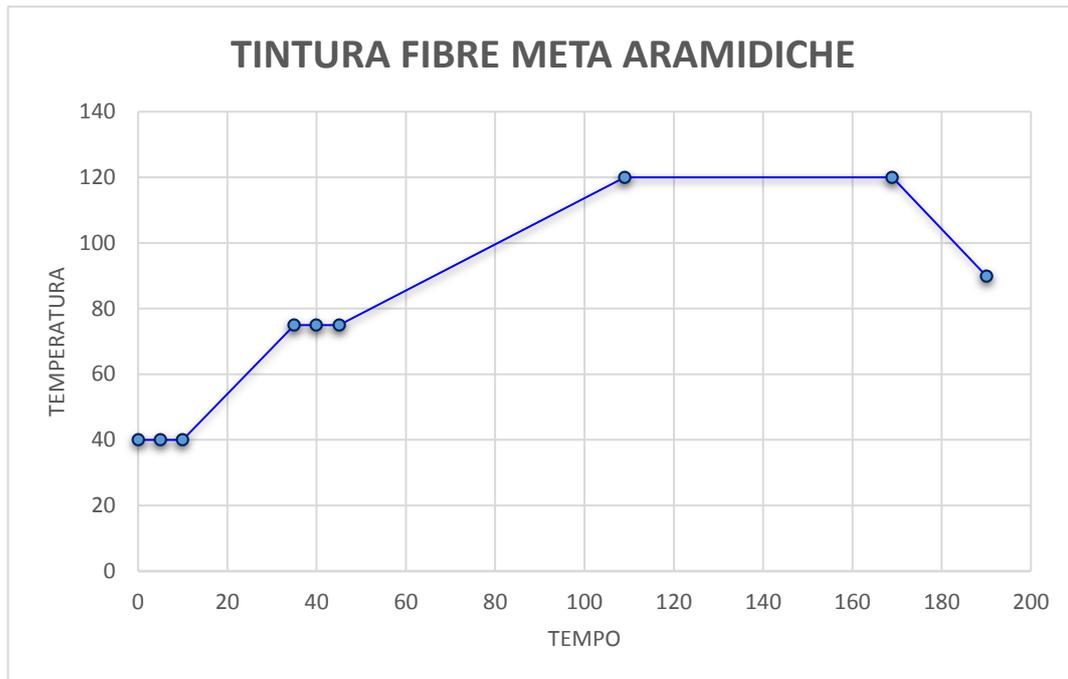


Figura 4-6. Processo di tintura di un filato di Nomex®

In un primissimo step temporale si usa un disareante antischiuma con proprietà bagnanti, uniti ad un disperdente per coloranti e Cr in modo da facilitare il legame tra le fibre ed i coloranti.

A seguito del primo aumento repentino di temperatura (realizzato con una rampa di $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$) si inserisce il colorante effettivo e a seguito della seconda rampa ($0,7^{\circ}\text{C}/\text{min}$) viene invece inserito il NaNO_2 che è responsabile del fissaggio del colore e del conferimento di un tono di rosso maggiormente vivace.

Viene riportata la struttura chimica del colorante maggiormente utilizzato per la tintura di fibre aramidiche ovvero il colorante Basic Red [Colour Index 46]³⁴:

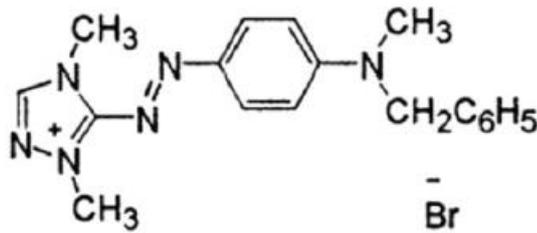


Figura 4-7. Struttura chimica del colorante Basic Red 46

Nel processo di tintura inoltre a causa dell'elevata cristallinità della struttura risulta necessario l'utilizzo di un buon quantitativo di alcol benzilico che funzionando da carrier si infila tra le catene del polimero aramidico andando a rompere i legami di ponte a idrogeno intercatena aprendo la struttura in modo che sia favorito l'ingresso e la diffusione del colore. L'agente di swelling infatti crea un'emulsione in acqua e garantisce una maggiore solubilità del colorante in confronto con quanta ne si riscontrerebbe altrimenti in acqua, l'alcol benzilico inoltre ha sicuramente una maggior compatibilità con la fibra rispetto a quanta ne avrebbe l'acqua. Per questo motivo l'agente di swelling viene assorbito in modo preferenziale dalla fibra creando un layer di colorante su di essa. All'aumentare della temperatura, l'alcol benzilico e il colorante tendono a diffondere sempre più in profondità nella fibra (con priorità dell'alcol benzilico).

Il meccanismo viene illustrato di seguito avvalendosi di uno studio condotto utilizzando N-methylformanilide¹⁰ come agente di swelling³⁵:

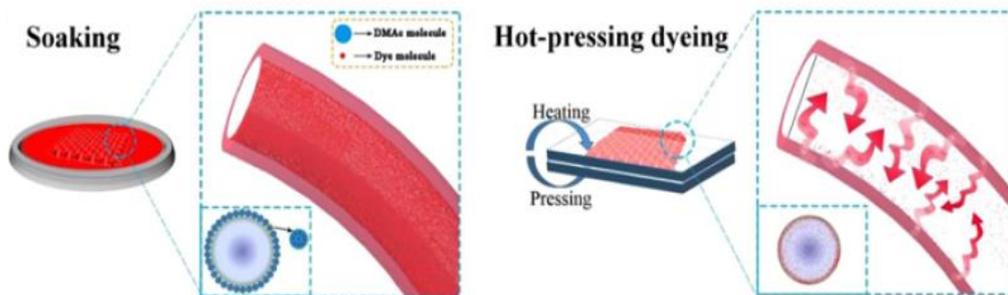


Figura 4-8. Meccanismo di permeazione del colorante nella fibra aramidica, Xin Chen *et al.* Improved Dyeing of Meta-aramid Based on Particle Flow Dyeing Mechanism Using Hot-pressing Dyeing Method.

¹⁰ Lo studio è stato condotto al fine di individuare un agente di swelling che risultasse meno tossico per l'uomo e per l'ambiente rispetto a quelli usati al momento. L'alcol benzoilico presenta non poche problematiche a livello tossicologico e le alternative momentaneamente osservate (dimethylformamide (DMF), dimethylacetamide (DMA) o dimethylsulfoxide (DMSO)) risultano essere altrettanto critiche. La proposta della N- methylformanilide risiede dunque nella necessità di individuare un composto che quantomeno non risulti essere tossico se inalato. Ne sono state dunque identificate le condizioni di massima performance sia in termini di concentrazione del composto sia in termini di modifica delle condizioni ambientali.

Nel momento in cui intervengono le alte temperature e la pressione il solvente tende ad evaporare creando un flusso in grado di condurre il colorante in profondità nella fibra. L'alcol benzilico inoltre rompe i legami a H nella zona amorfa della fibra e, con l'aiuto della pressione, il colorante riesce a permeare all'interno della struttura garantendo un processo di tintura più veloce ed efficiente.

L'ambiente di tintura si definisce come acido variando il pH da 3,5-5 e con un picco di temperatura massima intorno ai 120°C³⁶.

4.2 LA CUCITURA

Le cuciture che vengono realizzate in compressione dello strato esterno e dello strato interno che risultano possibili con i materiali in considerazione e che sono state osservate nel progetto sono di tre diversi caratteri: cucitura definita “in sporco”, cucitura definita “in pulito” e cucitura definita “piatta”.

La differenza sostanziale delle tre cuciture risiede intuitivamente nella loro realizzazione e nell’aspetto che queste presentano nell’interno del capo finito. Le loro prestazioni effettive sono state valutate al variare delle variabili restanti e il criterio di scelta di una delle tre ai fini della confezione effettiva risiede sia in un criterio estetico sia in un criterio di oggettività di realizzazione considerando la zona specifica nella quale insiste la cucitura strutturale di unione.

Nel complesso della realizzazione di una tuta da racing, l’unica cucitura che si discosta strettamente dallo schema proposto è quella degli estrattori che viene testata nelle loro tre diverse accezioni e che non verrà presa in considerazione in quanto, come già approfondito, richiede standard di resistenza di trazione differenti rispetto a quanto previsto nella sperimentazione del modello in quanto il requisito si sposta dai canonici 300 N analizzati ad un valore di 375 N.

Vengono dunque descritte in modo più approfondito quelle che sono le procedure di realizzazione delle diverse cuciture:

- a. **PIATTA:** nel contesto aziendale, tale cuciture nasce per sopperire alle richieste estetiche di maggior sottigliezza ma anche, e soprattutto, per inserire una tecnica di assemblaggio che potesse garantire prestazioni meccaniche senza dubbio più performanti rispetto a quanto realizzato in precedenza e con una maggiore facilità di rielaborazione. Basti pensare che oltre all’ovvia mole di lavoro determinata dalla produzione del capo, una considerevole parte del lavoro designato alla produzione comprende la rielaborazione del prodotto derivante dalla possibilità di personalizzare un capo finito da parte del cliente identificandolo come “speciale”. In un tale contesto perciò la possibilità di avere un sistema di bloccaggio pratico nella sua strutturazione ed eventuale rimozione ma al tempo stesso performante risulta di fondamentale importanza.

La cucitura è realizzata principalmente lavorando con gli strati interni, questi vengono sorfilati separatamente in modo tale da definirne dei contorni netti che scongiurino la sfilacciatura del

tessuto, dunque vengono sovrapposti e bloccati in prossimità del sorgetto. Una volta che gli strati interni sono stati bloccati, vengono applicati gli esterni cuciti con cucitura lineare passante così da coinvolgere tutti gli strati.

Per molteplici motivi tale cucitura si rivela essere la più performante ai test di trazione: in primo luogo infatti la sorfilatura garantisce una notevole solidità al tessuto impedendo che questo sfilacci e sfugga al bloccaggio in fase di trazione, in secondo luogo la costruzione del sistema permette di garantire una superficie di maggior ampiezza per la distribuzione dello sforzo imposto ed infine, a differenza di quanto previsto per le altre due alternative che verranno analizzate in seguito, una cucitura di bloccaggio non insiste mai sullo stesso punto così da non andare a disfare eccessivamente l'armatura rendendola inevitabilmente meno resistente.

Viene dunque riportata in figura la cucitura di cui si è parlato:

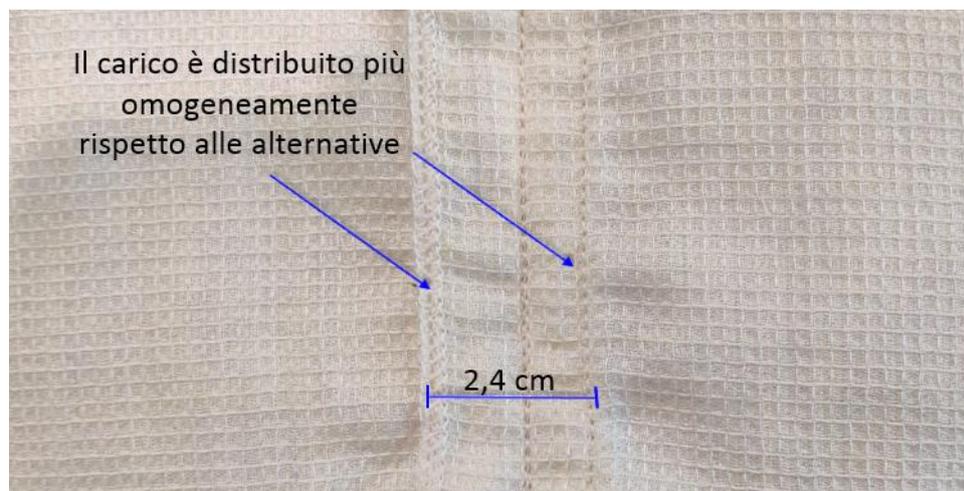


Figura 4-9. Illustrazione della cucitura piatta realizzata su Honeycomb H220 e 8777

- b. **SPORCO**: la cucitura in sporco nasce come opzione senza dubbio maggiormente versatile sia nella realizzazione e nel posizionamento all'interno del capo (permette infatti alla produzione di gestire con una buona versatilità diverse zone del capo in fase di confezione) sia a livello di gestione della rielaborazione per i motivi affrontati precedentemente.

La cucitura viene realizzata, a differenza della precedente, con una cucitura di unione lineare iniziale che comprenda sia gli interni sia gli esterni alla quale segue una sorfilatura comprensiva nuovamente di tutto l'assembly (che assume una connotazione differente da quanto visto precedentemente in quanto su questa effettivamente

non andrà ad insistere una cucitura) che ha il compito di compattare i tessuti e conferire una sensazione di maggior “ordine” da un punto di vista estetico. Infine, nel caso specifico le ribattiture per dar modo di osservare le diverse tecniche nella medesima condizione sono state tutte realizzate a riva (o a margine), viene realizzata la ribattitura in corrispondenza del punto in cui è stata inizialmente realizzata la lineare di unione così da non appesantire eccessivamente l'estetica della confezione.

Questa tecnica si rivela spesso la meno performante delle alternative e la natura di questo comportamento può essere imputabile sia al fatto che, a contrario di quanto visto per la cucitura piatta, gli sforzi sono certamente poco distribuiti e si concentrano anzi nella zona di realizzazione della lineare di unione sia al fatto che essendo l'impuntura realizzata nel medesimo punto dell'unione, il passaggio plurimo dell'ago e di un filo dalla titolazione importante come il tex 80 tende a sfaldare maggiormente l'armatura rispetto a quanto osservato in precedenza.

Un'ultima ipotesi può essere anche attribuibile infatti allo spessore dell'assembly che viene unito con la prima cucitura lineare (due interni e due esterni) che potrebbe determinare una minor tenuta del cucirino andando ad aumentare la tensione del punto nelle zone di unione con il filo della spola portando ad una rottura per carichi minori.

Viene dunque riportata in figura la cucitura di cui si è parlato:

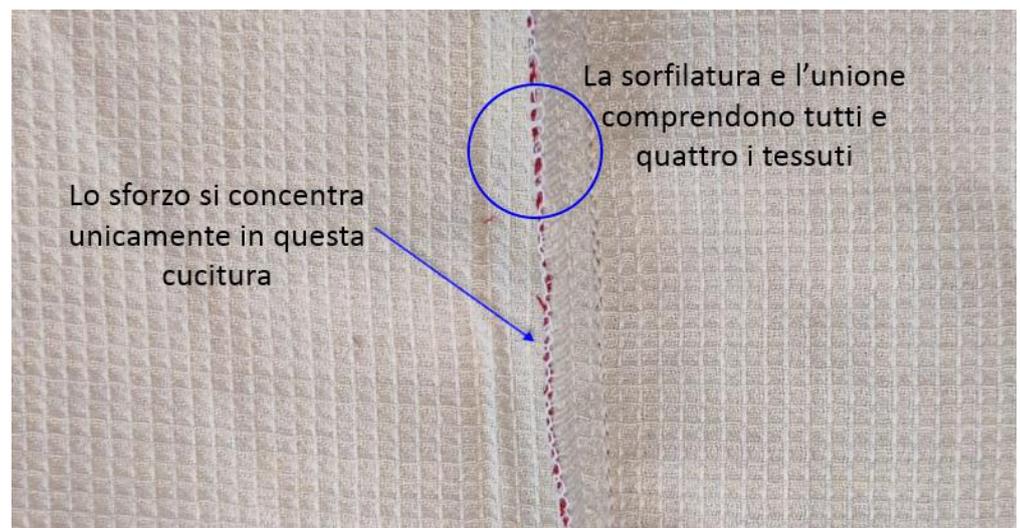


Figura 4-10. Illustrazione della cucitura in sporco realizzata su Honeycomb H220 e 8777

- c. **PULITO:** la cucitura in pulito viene così definita in quanto permette di “nascondere” il sorgetto all’esterno garantendo una caratteristica estetica sicuramente più piacevole rispetto alla cucitura in sporco, d’altro canto questa tecnica è il perfetto esempio per cui talvolta le richieste estetiche compromettano la praticità in quanto la rielaborazione di questo tipo di realizzazione risulta essere estremamente laboriosa e dispendiosa in termini di tempo.

La cucitura è realizzata unendo e sorfilando separatamente gli interni e gli esterni, a questo punto le coppie vengono unite con un’ulteriore cucitura lineare e dunque un lato (comprensivo di un interno ed un esterno) viene letteralmente ribaltato sull’altro in modo tale che venga coperto lo “scheletro” della cucitura.

In una scala di prestazioni, la tecnica in pulito risulta essere quasi equivalente alla tecnica piatta (che viene ugualmente considerata un “pulito”), sebbene anch’essa preveda che lo sforzo si concentri principalmente in un’unica cucitura, non richiede che l’impuntura e la lineare vengano realizzate sulla medesima zona in quanto la struttura della cucitura viene poi nascosta dal tessuto che viene ripiegato su di essa, scongiurando l’interruzione dell’armatura.

Inoltre, riprendendo il discorso dello spessore dell’assembly, anche in questo caso venendo trattati separatamente interni ed esterni, il cucirino risulta essere sottoposto ad una tensione minore (considerata anche quella alla quale lo sottopone la macchina) e dunque presumibilmente osserverà una concentrazione degli sforzi minore in prossimità della zona di allacciamento con il filo della spola.

Viene dunque riportata in figura la cucitura di cui si è parlato:

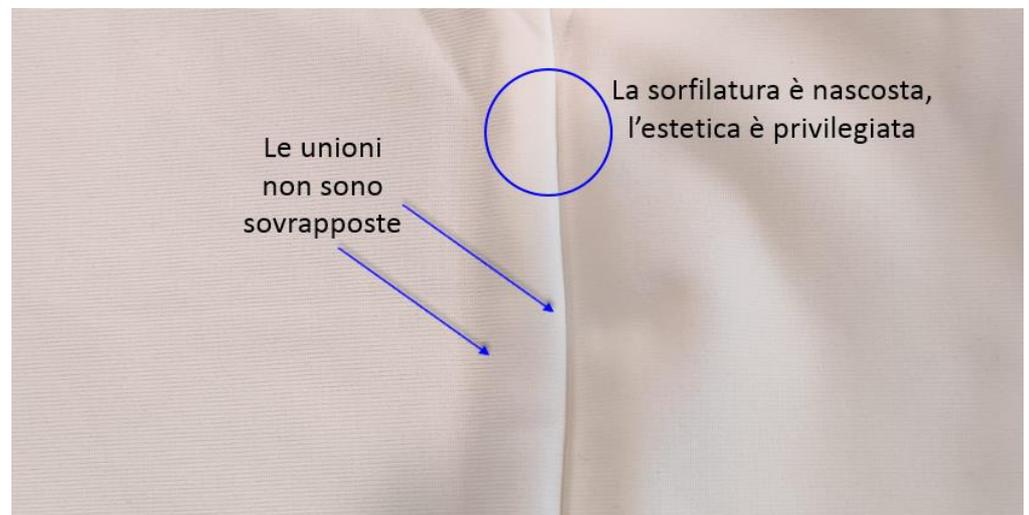


Figura 4-11. Illustrazione della cucitura in pulito realizzata su BTK2287 e Pile Pesante

Le tecniche descritte sono quelle che verranno analizzate in fase di stesura del modello prestazionale e rappresentano una delle variabili che è stata presa in considerazione per quanto riguarda l'analisi prestazionale della confezione.

Per quanto riguarda le tecniche di realizzazione di confezione di un capo racing conforme allo standard FIA 8856:2018 non esistono vincoli che ne impongano alcuna caratteristica se non le modalità di esecuzione standard aziendali:

- Il numero di punti al cm utilizzati nella realizzazione dei prototipi è di 4 pt/cm e per ogni campione è stato previsto il medesimo numero. Dal momento che lo spessore dei provini risulta essere di 5 cm, il numero totale di punti in prossimità della cucitura è di 20 pt;
- Il rimesso di cucitura utilizzato è di norma sempre pari a 1,2 cm, questo potrebbe essere eventualmente eliminato se il tessuto venisse tagliato al laser anziché a macchina perché ne si eviterebbero gli sfilacciamenti.

Normare anche la tecnica di confezionamento infatti renderebbe completamente nullo il valore aggiunto del produttore e la sua abilità a scapito della competizione tra i brand.

Ogni produttore dunque si spinge secondo i suoi mezzi e le conoscenze del proprio reparto R&D in un miglioramento continuo permettendosi di variare il maggior numero possibile di fattori in modo tale da apportare quanti più miglioramenti al prodotto senza mai intaccare lo standard FIA.

4.3 IL FILO CUCIRINO

La terza ed ultima variabile che è stata presa in considerazione è stata la titolazione del filo utilizzato nella realizzazione della cucitura. L'unità di misura considerata viene meglio descritta come densità lineare del filo a corrisponde alla definizione di un grammo al chilometro³⁷

$$1\text{tex} = 1 \frac{\text{g}}{\text{km}} \quad (4.1)$$

In generale la titolazione è il processo di determinazione del titolo di un filo che non essendo facilmente misurabile in termini di dimensioni in quanto spesso non corrisponde ad una sezione circolare ve ne ricorre per determinarne la finezza.

In generale il titolo è una relazione tra il peso e la lunghezza del filo, se il rapporto considera il peso al numeratore viene definito di titolazione diretta, se il peso invece è previsto al denominatore viene definito di titolazione indiretta.

Parlando di un sistema variabile, necessariamente una delle due grandezze deve essere fissata mentre la seconda è variabile, ne consegue che il titolo di un filo è un numero che ne indica la finezza, proporzionale alla sezione del filo stesso. Nella titolazione diretta la proporzionalità tra titolo del filato e sezione dello stesso è diretta.

Se si considerano due filati di diverso titolo ma della medesima natura e aventi, dunque, lo stesso peso specifico γ

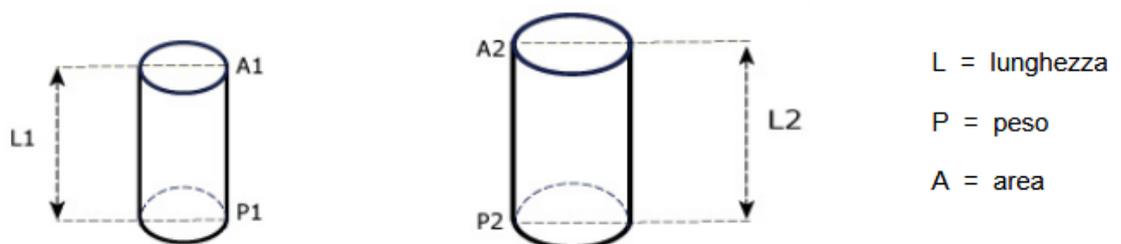


Figura 4-12. Titolazione dei filati

Considerando il rapporto tra i titoli dei fili e la relazione di questi con le sezioni si ottiene

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{A_1}{A_2} \quad (4.2)$$

e dalla definizione del peso specifico si ottiene

$$P_1 = \gamma \times V_1 \quad (4.3)$$

Al quale, sostituendo la relazione del volume come rapporto tra sezione e lunghezza e estrapolando dunque una relazione descrittiva della sezione che possa facilmente essere inserita nella formula (4.2) dalla quale, con le opportune semplificazioni si ottiene

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{P_1 \times L_2}{P_2 \times L_1} \quad (4.4)$$

Ovvero la relazione tra titoli, pesi e lunghezze dei due filati. Attribuendo al primo filo la denotazione standard e al secondo filo la denotazione di valori campioni L_c e P_c si ottiene

$$T = \frac{L_c}{P_c} \times \frac{P}{L} \quad (4.5)$$

Dove il rapporto tra le due misure campione prende il nome di “costante di titolazione” (K) tramite la quale la formula di titolazione assume la forma

$$T = K \times \frac{P(g)}{L(m)} \quad (4.6)$$

La comunità europea adottando il Sistema Internazionale (SI) approvato dalla Conferenza Generale dei Pesi e delle Misure (CGPM) definisce il titolo come “massa lineica delle fibre tessili e dei filati” e come unità di misura impiega il “tex”, uno dei sistemi diretti impiegati in Italia.

grandezza	nome	simbolo	valore
massa lineica delle fibre tessili e dei filati	<i>tex</i>	<i>tex</i>	$1 \text{ tex} = 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$

Tabella 4-3. Grandezza specifica del SI

Ne deriva che a seguito delle considerazioni precedentemente affrontate, una più corretta definizione del “tex” sarà:

$$\text{tex} = 1000 \times \frac{P(g)}{L(m)} \quad (4.7)$$

Per quanto riguarda la titolazione dei filati accoppiati si modifica leggermente, i filati accoppiati sono ottenuti affiancando due o più filati aventi tutti la stessa lunghezza.

Prendendo in considerazione unicamente la titolazione diretta nell’esempio di un filato accoppiato a tre capi:

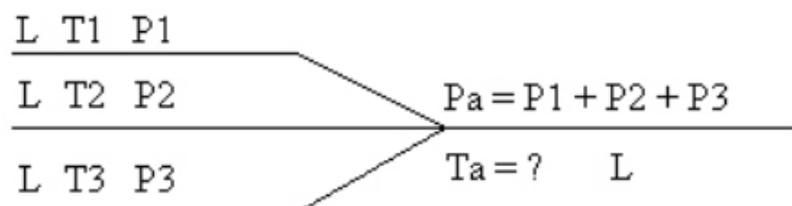


Figura 4-13. Titolazione di un filato a tre capi

Considerando la relazione tra il titolo del filo ed il peso si ricava la relazione per il secondo e dunque sostituendola nella relazione riportata in (4.7) si ottiene

$$\frac{T_a \times L}{K} = \frac{T_1 \times L}{K} + \frac{T_2 \times L}{K} + \frac{T_3 \times L}{K} \Rightarrow = \frac{L}{K} \times (T_1 + T_2 + T_3) \quad (4.8)$$

e dunque si può dire che in generale

$$T_a = \sum_{i=1}^n T_i \quad (4.9)$$

Nell'esempio riportato si calcola il titolo per un filato a tre capi con tre diverse specifiche

$$\begin{aligned} \mathbf{1^\circ \text{ filato:}} \quad \frac{tex}{100} &= \frac{1000}{9000} \quad \Rightarrow \quad tex = \frac{1000 \times 100}{9000} = 11,1 \\ \mathbf{2^\circ \text{ filato:}} \quad tex \cdot 60 &= 1000 \times 1 \quad \Rightarrow \quad tex = \frac{1000 \times 1}{60} \cong 16,7 \\ \mathbf{3^\circ \text{ filato:}} \quad tex \cdot 80 &= 1000 \times 0,59 \quad \Rightarrow \quad tex = \frac{1000 \times 0,59}{80} = 7,4 \end{aligned} \quad (4.10)$$

Per un totale di $T_a = 11,1 + 16,7 + 7,4 = 35,2 \text{ tex}$.

Nella stesura del modello sono state prese in considerazione tre diverse titolazioni: tex 80, tex 40 e tex 27 (si consideri che il tex 80 è il filo solitamente usato nelle cuciture di unione strutturale, il tex 40 nell'unione dei tessuti accoppiati ed il tex 27 nelle cuciture decorative).

4.4 MODELLO DI ANALISI PRESTAZIONALE

Definiti i tre fattori influenzanti delle caratteristiche prestazionali del provino è stato dunque messo in pratica un modello che raccogliesse tutte le diverse combinazioni di esterni, colore degli esterni, interni, cucitura realizzata e filo cucirino.

I tessuti esterni utilizzati sono stati considerati sulla base delle tute omologative che sono state seguite in prima persona e che riassumono le due categorie di armature principali: le tele e i tessuti twill.

Nello specifico i tessuti considerati (e che verranno nominati con il loro nome commerciale e non con il codice specifico dell'azienda) sono stati:

- a. TV608: Il tessuto è costituito da microfibre 100% meta-aramidiche disposte secondo un'armatura a tela per un peso di 100 g/m² che annovera il tessuto tra i più leggeri utilizzati in azienda presentando tuttavia, grazie alla struttura della sua armatura anche una resistenza non indifferente. Il conto dei fili registrato in scheda tecnica considera 80/2 Nm in ordito e 80/2 Nm in trama;
- b. 8777: Il tessuto è costituito da microfibre 100% Nomex ® disposte secondo un'armatura twill 3/1 per un peso di 155 g/m². Il tessuto, tingibile in diversi colori, risulta meno pregiato del precedente in quanto il suo peso per area unitaria non risulta tanto contenuto ma garantisce anch'esso una prestazione agli standard omologativi pregevole. Il conto dei fili registrato in Scheda Tecnica considera 100/2 Nm in ordito e 50/2 Nm in trama;

I tessuti interni che sono stati utilizzati, che riprendono analogamente al caso precedente l'armatura considerata nelle tute R567 e R568, sono anch'essi di due diverse nature:

- a. Bianchina L2026: tessuto costituito microfibre 100% meta aramidiche disposte secondo un'armatura denominata circolare¹¹ dal peso 255 g/m²;
- b. Honeycomb 220: tessuto costituito da un doppio strato di garze con armatura nido d'ape e da un'armatura jersey. La composizione è 93% meta aramide, 5% para aramide, 2% antistatico Nomex®¹⁷. Il peso per unità di area è di 232 g/m² e considerato tra i tessuti interni più performanti delle proposte dell'azienda;

Per quanto riguarda le colorazioni sono stati presi in considerazione il bianco (considerato il trattamento meno intensivo tra le proposte dell'azienda perché più vicino al colore naturale della fibra) ed il rosso:

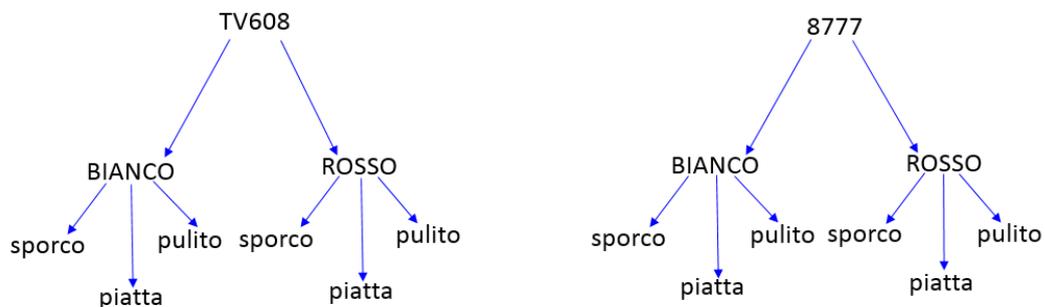


Figura 4-14. Schema riassuntivo delle variabili di esterne con colore e cucitura

Allo schema riportato in [Fig.4-14] si ricorda che per ogni combinazione va considerata la variazione dell'interno e che ogni provino viene realizzato con tre diversi fili cucirini: tex 80, tex 40 e tex 27.

Per garantire un approccio scientifico sono state realizzate diverse misure di caratterizzazione riguardanti gli esterni utilizzati (in particolare le misure sono state realizzate per la tela piana TV608) nelle due colorazioni considerate così che fosse possibile avere una visione completa del comportamento dei campioni. Nel caso specifico sono state realizzate DSC (*Differential Scanning Calorimetry*), TGA (*Thermogravimetric Analysis*) e ATR-FTIR (*Attenuated Total Reflectance-Fourier*

¹¹ La lavorazione ottenuta da queste macchine è infatti un tessuto a maglia in forma tubolare. Questo può essere impiegato in confezione tale e quale, per ottenere indumenti senza cuciture sui fianchi, oppure tagliato in piano.

A differenza del tessuto classico, composto da due elementi (trama e ordito) che si intrecciano fra di loro, nel tessuto a maglia si ha un solo elemento che lavora su se stesso, immagliando cioè ciascun rango con il precedente e con il successivo. Nelle macchine circolari per maglieria in trama gli aghi, disposti su una circonferenza, si muovono individualmente e sono in grado di prendere il filo automaticamente.

transform infrared spectroscopy), e misure dell'angolo di contatto alcune delle quali sono già state introdotte nei capitoli precedenti.

L'obiettivo che ci si prefigge non è solo quello di osservare le variabili influenzanti la prestazione a trazione del provino ma anche di trovare delle combinazioni di tessuti e cuciture che permettessero di confezionare il capo con fili più sottili di quello attualmente utilizzato essendo che apporta uno spessore maggiore, maggior difficoltà in fase di cucitura per gli operatori e un risultato esteticamente meno fine di quello che si potrebbe ottenere con una delle altre due alternative di filo cucirino.

Ogni campione è stato portato a 700 (N) con un precarico di 25 mm/min ed una rampa di velocità standard di 50 mm/min in modo da apprezzare nel migliore dei modi il comportamento ai 300 (N) omologativi e di individuare l'eventuale carico di rottura per ogni provino così che si potessero classificare le prestazioni dei singoli sulla base delle variabili. Va infine specificato che i provini sono stati testati nella casistica peggiore possibile, ovvero in trama (la scelta è stata dettata principalmente da una riflessione di praticità in quanto testarne l'ordito avrebbe unicamente determinato risultati migliori allungando inutilmente le tempistiche).

Una prima analisi, che risulterà quasi ridondante visti i concetti espressi in precedenza, rivede il concetto intuitivo per cui i provini che sono stati cuciti utilizzando il tex 80 risultano sicuramente più resistenti e con prestazioni indubbiamente migliori delle alternative, prestazioni che decadono nell'ordine per il tex 40 ed il tex 27. Il fenomeno non solo si riscontra numericamente nell'osservazione dei carichi di rottura ma anche semplicemente osservando il provino: le unioni realizzate con tex 40 e tex 27 che hanno ceduto presentano un fallimento del filo cucirino stesso mentre le unioni realizzate con il tex 80 che hanno ceduto prevedono che prima ancora che la cucitura si rompa (oltre i 700 N) sia il tessuto stesso a squarciarsi creando una breccia nell'armatura che determina la conclusione della prova (e che di fatto non la renderebbe valida secondo quanto affermato dalla norma).

Un migliore standard prestazionale può essere fissato sia in termini di tessuto interno in quanto i tessuti accoppiati con l'Honeycomb tendono a presentare resistenze maggiori rispetto ai tessuti che sono stati accoppiati con la Bianchina, sia in termini di tipologia di cucitura dove la nuova unione, qui nominata "piatta" per la sua piacevole caratteristica estetica, che dimostra un comportamento indubbiamente migliore in ogni condizione rispetto alle alternative.

Di seguito in [Tab.4-4] viene riportata la miglior prestazione per il TV608 bianco, con Honeycomb 220 e cucitura piatta realizzata con i tre diversi cucirini a titolo di esempio:

ESTERNO	COLORE	INTERNO	CUCITURA	FILO	ESITO	CARICO	€
TV608	BIANCO	H220	PIATTA	80	OK	699,757	0,115
TV608	BIANCO	H220	PIATTA	40	OK	700,729	0,118
TV608	BIANCO	H220	PIATTA	27	OK	585,52	0,117

Tabella 4-4. Dati relativi al test effettuato su TV608 bianco con Honeycomb 220 per la cucitura piatta con i tre diversi cucirini

La prima evidenza interessante, come preventivamente auspicato, è l'eventuale prova della possibilità di realizzare la confezione con fili più sottili ma che risultino ugualmente performanti ai fini dello standard FIA. La scelta del cucirino da utilizzare in termini prestazionali non sempre prevede che la titolazione più spessa garantisca delle prestazioni più soddisfacenti¹², può essere infatti che un filo con un titolo maggiore vada a rovinare maggiormente l'armatura del tessuto rendendolo meno resistente alla trazione.

Le variabili da considerare ovviamente sono molte, in primo luogo non tutti i tessuti possono essere trattati nel medesimo modo ma si necessita di assumere accortezze differenti al variare della struttura dello stesso.

I differenti risultati derivanti al secondo assembly sono da attribuirsi alla diversa armatura della Bianchina (ovvero un tessuto a maglia in trama garzato da entrambi i lati) che presentandosi con una minor rigidità rispetto all'Honeycomb 220 determina anche una prestazione di certo meno interessante al test rispetto alla casistica precedentemente riportata ma comunque conforme alle aspettative riservate a questa nuova cucitura, come mostrato in [Tab.4-5]:

ESTERNO	COLORE	INTERNO	CUCITURA	FILO	ESITO	CARICO	€
TV608	BIANCO	L2026	PIATTA	80	OK	700	0,179
TV608	BIANCO	L2026	PIATTA	40	OK	608,534	0,207
TV608	BIANCO	L2026	PIATTA	27	OK	433,05	0,158

Tabella 4-5. Dati relativi al test effettuato su TV608 bianco con Bianchina L2026 per la cucitura piatta con i tre diversi cucirini

¹² Sono stati condotti dei test interni su un nastro per cinture superleggero con armatura a spina, i risultati delle prove di trazione hanno dimostrato che performance conformi agli standard FIA (nel caso del "Safety Harness" vige lo standard FIA 8853:2016) venivano ottenute unicamente riducendo il titolo del cucirino utilizzato nella realizzazione della cucitura passando da un tex 150 ad un tex 135

Un dato aggiuntivo che possa consolidare questo concetto è rappresentato dall'allungamento del provino che risulta maggiore per assembly comprendenti la Bianchina L2026.

L'armatura del tessuto definito come Honeycomb presenta invece una geometria più rigida e definita che, oltre a conferire una maggior sottigliezza al tessuto, ne determina una rigidità più spiccata che, nuovamente, si traduce in una prestazione migliore (specie se l'interno si trova accoppiato con una tela anziché con un tessuto a navetta come può essere ad esempio l'8777).

La sostanziale differenza tra i tessuti esterni invece è riscontrabile nell'armatura come unica variabile, la struttura a tela infatti (o Plain Weave) come analizzato precedentemente è l'armatura che in assoluto presenta un maggior numero di incroci e sovrapposizioni dei fili. Questi incroci rappresentano, infatti, i punti di maggior resistenza del tessuto determinando anche un notevole attrito ed opposizione allo scorrimento.

Per quanto riguarda il TV608 vengono riportati dei grafici riassuntivi che permettano di analizzare le prestazioni più interessanti per quanto riguarda il tessuto a tela piana:

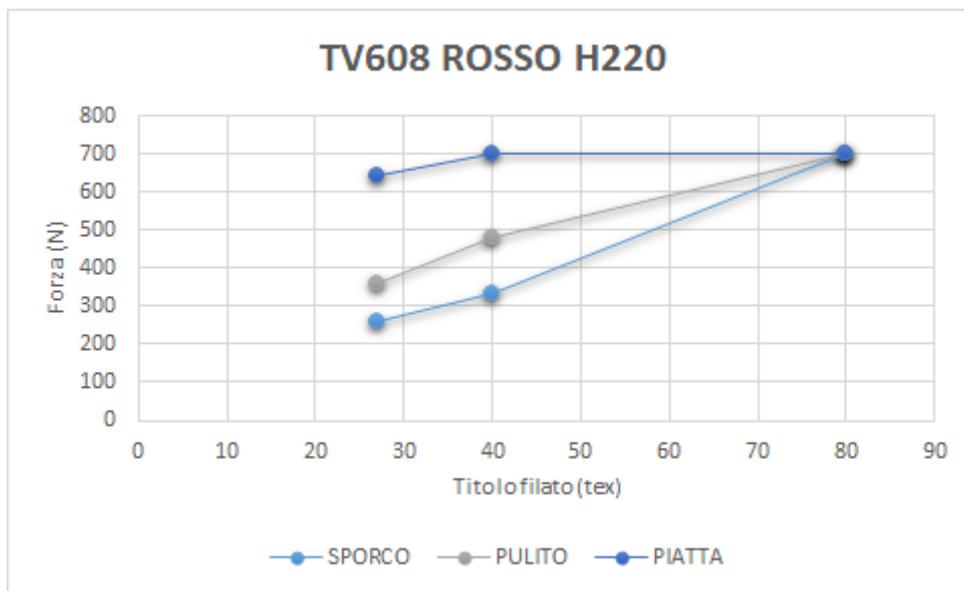


Figura 4-15. Analisi prestazionale di TV608 ROSSO e H220

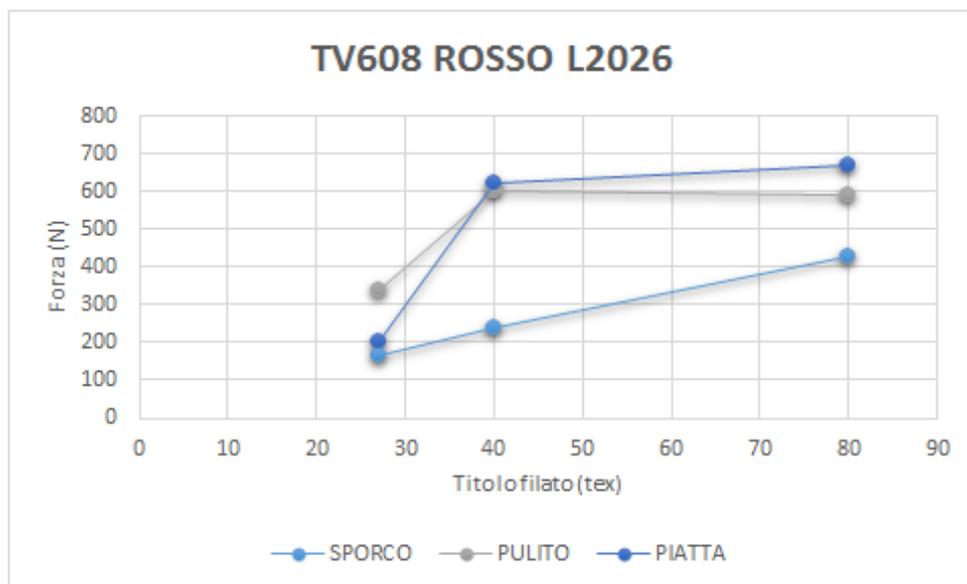


Figura 4-16. Analisi prestazionale di TV608 ROSSO e Bianchina L2026

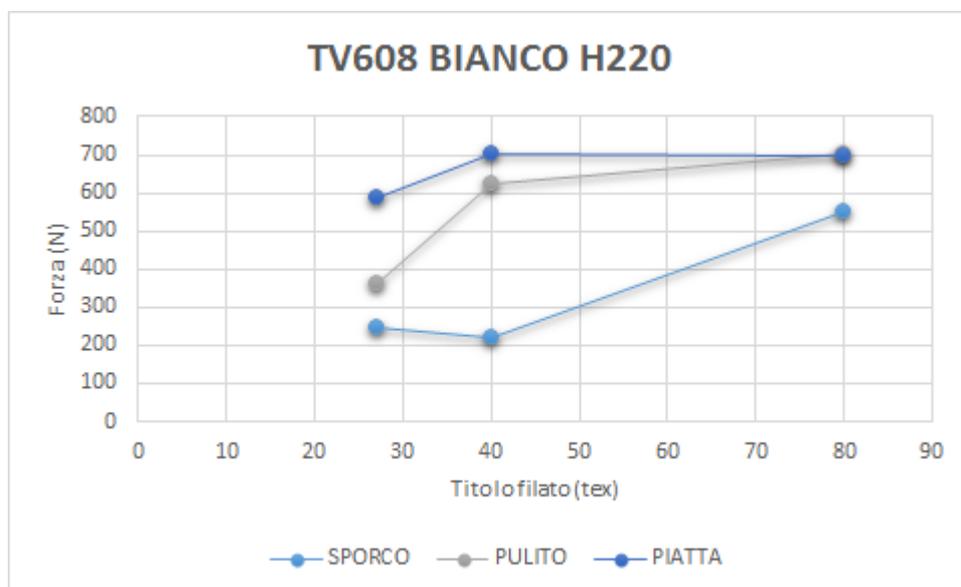


Figura 4-17. Analisi prestazionale di TV608 BIANCO e H220

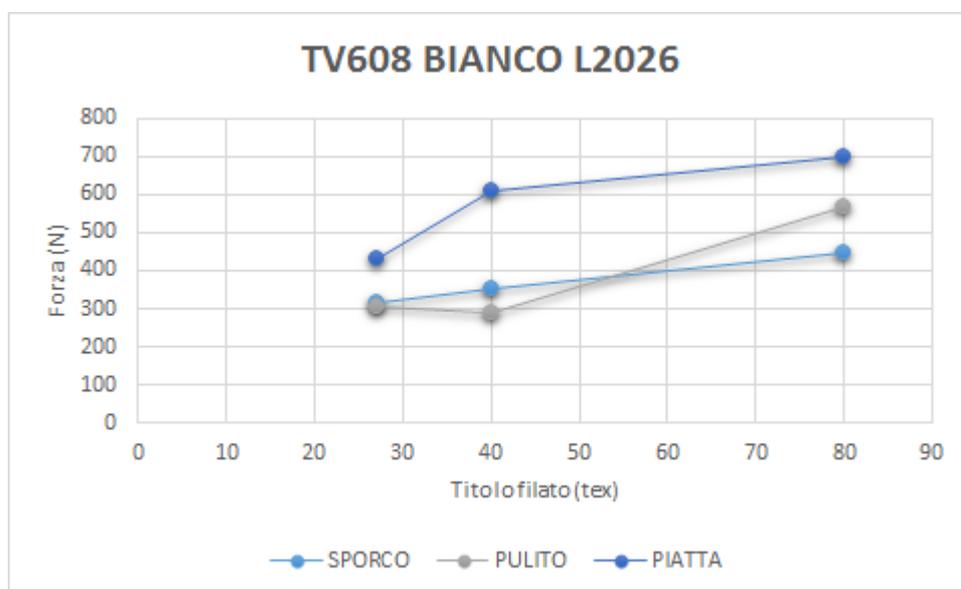


Figura 4-18. Analisi prestazionale di TV608 BIANCO e Bianchina L2026

Come anticipato precedentemente si notano prestazioni mediamente migliori per quanto riguarda l'assembly comprendente l'Honeycomb H220.

Nonostante per ogni variabile siano state realizzate tre prove, i risultati non si sono sempre rivelati concordanti tra loro (ovviamente per omogeneità di misura i provini sono sempre stati ricavati dal medesimo campione) e dunque si attribuisce questa peculiarità ad altre eventuali derivanti dalla manodopera umana (tessuto utilizzato ricavato prossimo alla cimosa che risulta essere la parte meno resistente del tessuto, lunghezza del punto nel realizzare la cucitura o anche eventuali valori delle tensioni utilizzate nella macchina da cucire leggermente differenti nella preparazione dei provini in quanto i campioni sono stati realizzati dalla medesima mano ma in differenti momenti compatibilmente con le necessità delle operatrici).

In generale mediamente si osserva, oltre al precedentemente citato comportamento dello strato interno e del filo cucirino, un comportamento leggermente migliore per i provini realizzati con la tela rossa.

L'unica deviazione è rappresentata dal caso del TV608 Bianco accoppiato con la Bianchina L2026 che nel pulito vede un leggero peggioramento delle prestazioni dovuto unicamente ad un cedimento del tessuto esterno che invece non si è presentato nel caso della tela rossa. Se infatti si osservasse l'andamento proposto dal dinamometro si nota che sebbene il carico di rottura del tex 40 risulti minore del tex 27, il primo cedimento della cucitura è stato osservato a carichi nettamente maggiori per poi appunto prevedere che fosse l'armatura dell'esterno a cedere prima ancora della cucitura (casistica che invece non si è ripetuta nel caso del tex 27 dove è stata la cucitura a collassare prima del tessuto stesso) come mostrato nel grafico sottostante:

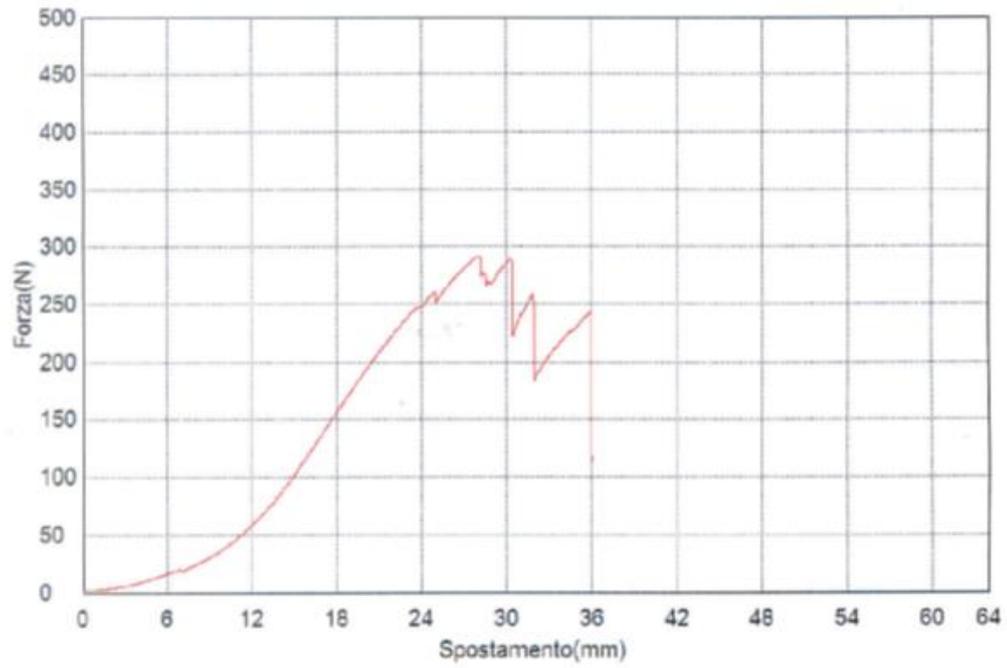


Figura 4-19. Prove di trazione realizzate su TV608 e Bianchina L2026, pulito, tex 40

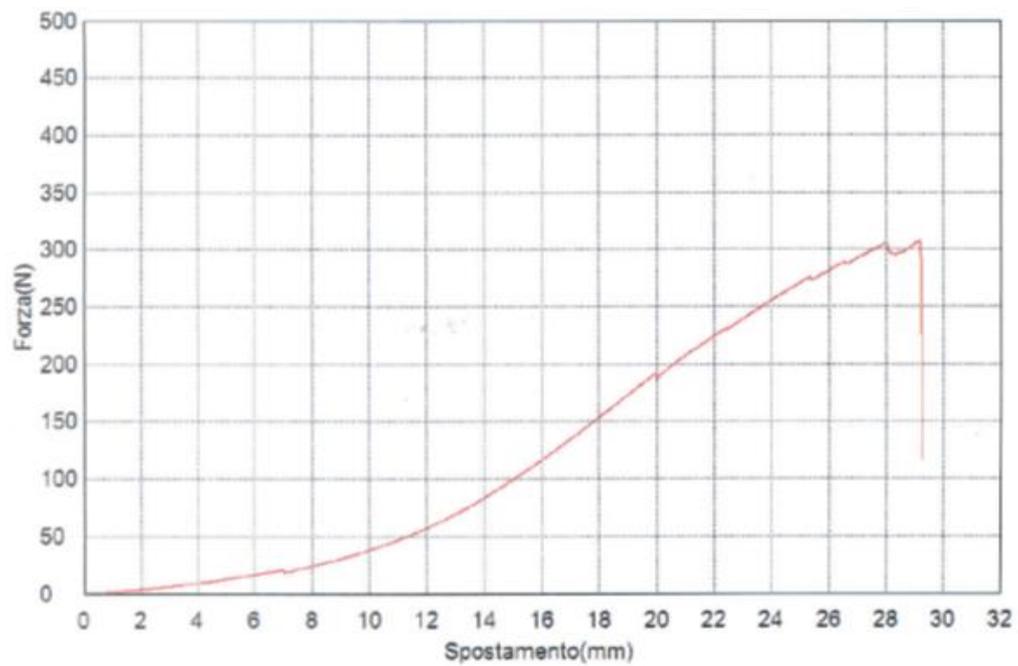


Figura 4-20. Prove di trazione realizzate su TV608 e Bianchina L2026, pulito, tex 27

Per poter definire un'analisi più attendibile tuttavia sono stati realizzati un numero di provini pari a tre (come già precedentemente accennato) in modo tale da osservare meglio il comportamento della cucitura alle prove di trazione ed è effettivamente stato osservato un comportamento concorde a quanto detto precedentemente riguardo la gerarchia delle prestazioni dei cucirini nei casi in cui il tessuto esterno non abbia presentato cedimenti.

Anche nel caso del tessuto diagonale 8777 sono state riassunte le prestazioni al test di trazione:

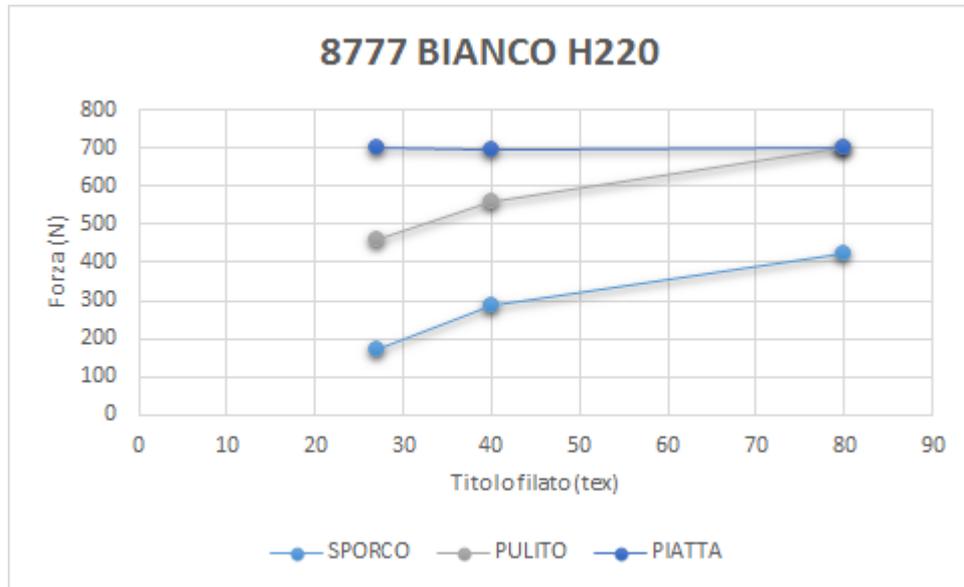


Figura 4-21. Analisi prestazionale di 8777 BIANCO e H220

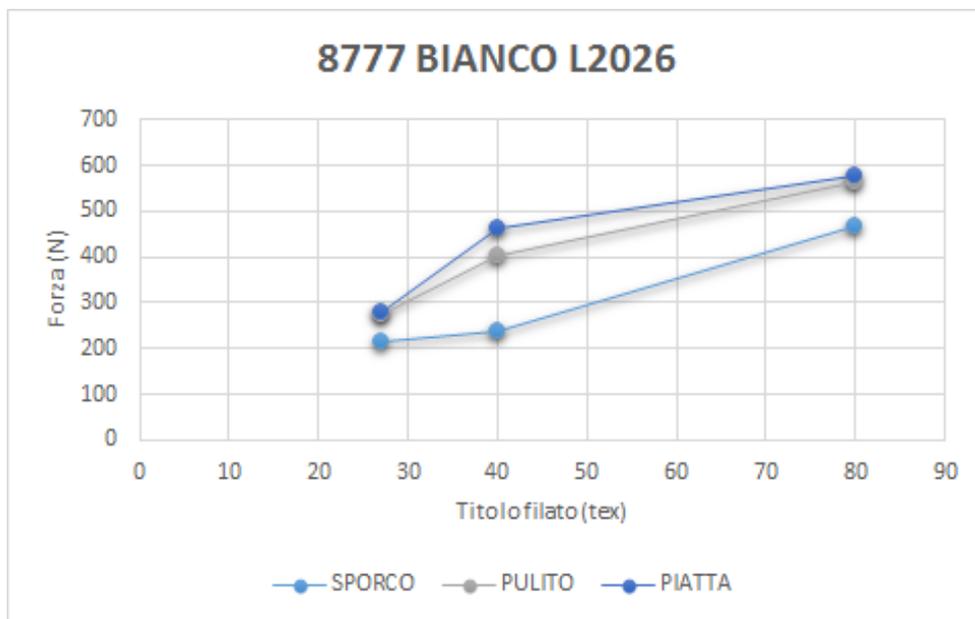


Figura 4-22. Analisi prestazionale di 8777 BIANCO e Bianchina L2026

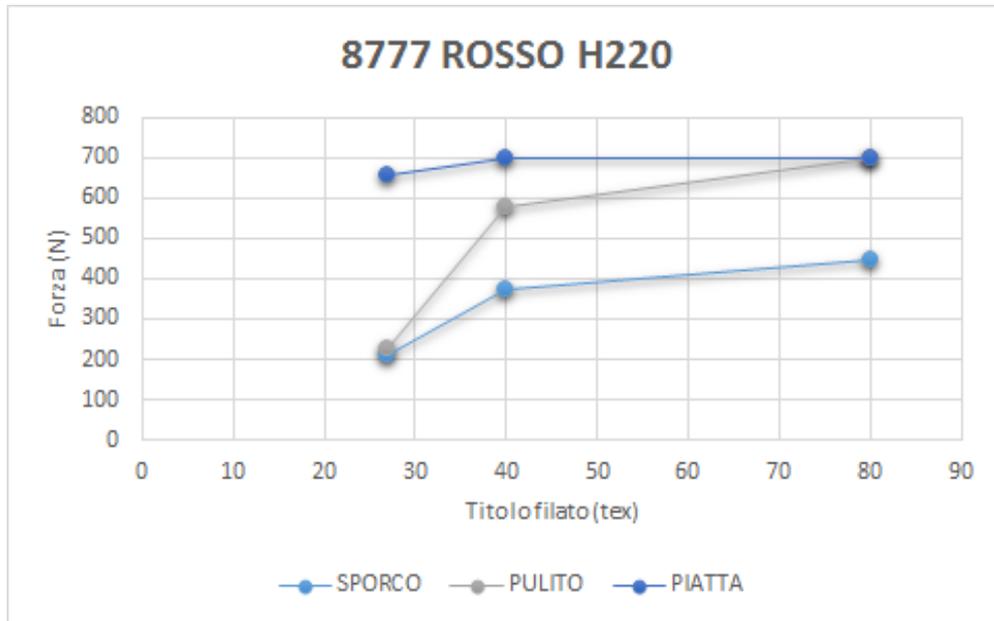


Figura 4-23. Analisi prestazionale di 8777 ROSSO e H220

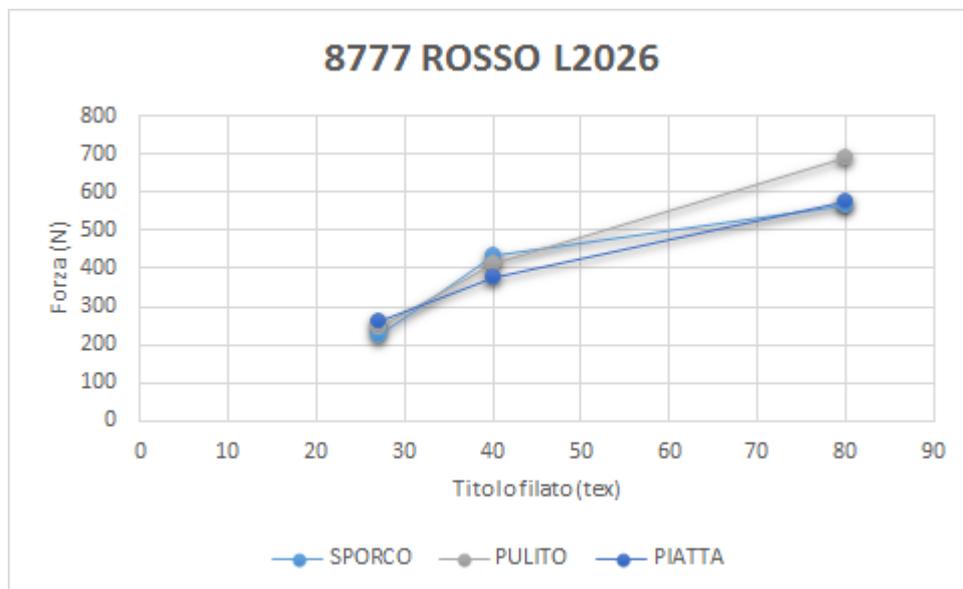


Figura 4-24. Analisi prestazionale di 8777 ROSSO e Bianchina L2026

Analogamente a quanto osservato per il TV608, l'assembly con l'Honeycomb H220 dimostra un forte peggioramento per quanto riguarda la prestazione della cucitura sporco rispetto alle due altre alternative ad eccezione dell'assembly costituito da 8777 rosso con Bianchina L2026.

In ogni combinazione, le prestazioni vengono identificate come mediamente più performanti se previste con la cucitura piatta (basti pensare che idealmente potrebbe essere presa in considerazione anche la cucitura realizzata con il tex 27) per poi prevedere la cucitura in pulito ed, infine, la cucitura in sporco (che invece vede l'unica proposta considerabile quella realizzata con il tex 80).

In generale, nuovamente, le proposte con l'Honeycomb H220 garantiscono prestazioni nettamente superiori rispetto a quelle garantite dall'assembly con la Bianchina L2026.

Per ogni combinazione, tuttavia, si dimostrano globalmente carichi di rottura superiori per gli assembly previsti con la tela TV608 e, conseguentemente, carichi di rottura inferiori per gli assembly previsti con il tessuto diagonale 8777.

ESTERNO	COLORE	INTERNO	CUCITURA	FILO	ESITO	CARICO
TV608	ROSSO	H220	SPORCO	80	OK	698,882
TV608	ROSSO	H220	SPORCO	40	OK	392,253
TV608	ROSSO	H220	SPORCO	27	NO	258,029
TV608	ROSSO	H220	PULITO	80	OK	699,895
TV608	ROSSO	H220	PULITO	40	OK	480,086
TV608	ROSSO	H220	PULITO	27	NO	357,688
TV608	ROSSO	H220	PIATTA	80	OK	700,442
TV608	ROSSO	H220	PIATTA	40	OK	699,884
TV608	ROSSO	H220	PIATTA	27	OK	641,1
TV608	ROSSO	L2026	SPORCO	80	OK	446,022
TV608	ROSSO	L2026	SPORCO	40	NO	353,37
TV608	ROSSO	L2026	SPORCO	27	NO	314,231
TV608	ROSSO	L2026	PULITO	80	OK	699,923
TV608	ROSSO	L2026	PULITO	40	OK	464,657
TV608	ROSSO	L2026	PULITO	27	NO	340,924
TV608	ROSSO	L2026	PIATTA	80	OK	667,598
TV608	ROSSO	L2026	PIATTA	40	OK	622,745
TV608	ROSSO	L2026	PIATTA	27	NO	201,573
TV608	BIANCO	H220	SPORCO	80	OK	549,222
TV608	BIANCO	H220	SPORCO	40	NO	312,998
TV608	BIANCO	H220	SPORCO	27	NO	247,173
TV608	BIANCO	H220	PULITO	80	OK	700,135
TV608	BIANCO	H220	PULITO	40	OK	626,593
TV608	BIANCO	H220	PULITO	27	NO	362,558
TV608	BIANCO	H220	PIATTA	80	OK	699,757
TV608	BIANCO	H220	PIATTA	40	OK	700,729
TV608	BIANCO	H220	PIATTA	27	OK	585,52
TV608	BIANCO	L2026	SPORCO	80	OK	427,692
TV608	BIANCO	L2026	SPORCO	40	NO	237,002
TV608	BIANCO	L2026	SPORCO	27	NO	164,659
TV608	BIANCO	L2026	PULITO	80	OK	568,018
TV608	BIANCO	L2026	PULITO	40	OK	452,145
TV608	BIANCO	L2026	PULITO	27	NO	307,674
TV608	BIANCO	L2026	PIATTA	80	OK	700
TV608	BIANCO	L2026	PIATTA	40	OK	608,534
TV608	BIANCO	L2026	PIATTA	27	OK	433,05

Tabella 4-6. Riepilogo dei risultati conformi alle previsioni per il TV608

ESTERNO	COLORE	INTERNO	CUCITURA	FILO	ESITO	CARICO
8777	ROSSO	H220	SPORCO	80	OK	446,732
8777	ROSSO	H220	SPORCO	40	NO	373,906
8777	ROSSO	H220	SPORCO	27	NO	208,046
8777	ROSSO	H220	PULITO	80	OK	699,531
8777	ROSSO	H220	PULITO	40	OK	420,279
8777	ROSSO	H220	PULITO	27	NO	226,199
8777	ROSSO	H220	PIATTA	80	OK	699,483
8777	ROSSO	H220	PIATTA	40	OK	698,789
8777	ROSSO	H220	PIATTA	27	OK	637,196
8777	ROSSO	L2026	SPORCO	80	OK	402,102
8777	ROSSO	L2026	SPORCO	40	NO	215,362
8777	ROSSO	L2026	SPORCO	27	NO	158,972
8777	ROSSO	L2026	PULITO	80	OK	688,755
8777	ROSSO	L2026	PULITO	40	OK	414,543
8777	ROSSO	L2026	PULITO	27	NO	245,12
8777	ROSSO	L2026	PIATTA	80	OK	577,327
8777	ROSSO	L2026	PIATTA	40	OK	376,507
8777	ROSSO	L2026	PIATTA	27	NO	182,901
8777	BIANCO	H220	SPORCO	80	OK	425,154
8777	BIANCO	H220	SPORCO	40	NO	286,597
8777	BIANCO	H220	SPORCO	27	NO	173,854
8777	BIANCO	H220	PULITO	80	OK	700,495
8777	BIANCO	H220	PULITO	40	OK	559,781
8777	BIANCO	H220	PULITO	27	OK	461,6
8777	BIANCO	H220	PIATTA	80	OK	699,879
8777	BIANCO	H220	PIATTA	40	OK	697,233
8777	BIANCO	H220	PIATTA	27	OK	499,056
8777	BIANCO	L2026	SPORCO	80	OK	432,045
8777	BIANCO	L2026	SPORCO	40	NO	238,196
8777	BIANCO	L2026	SPORCO	27	NO	214,519
8777	BIANCO	L2026	PULITO	80	OK	563,18
8777	BIANCO	L2026	PULITO	40	OK	404,791
8777	BIANCO	L2026	PULITO	27	NO	272,443
8777	BIANCO	L2026	PIATTA	80	OK	577,038
8777	BIANCO	L2026	PIATTA	40	OK	461,754
8777	BIANCO	L2026	PIATTA	27	NO	280,739

Tabella 4-7. Riepilogo dei risultati conformi alle previsioni per il 8777

Nonostante gli approfondimenti condotti nella caratterizzazione del filato greggio e tinto abbiano portato all'effettiva definizione di una diversa influenza del trattamento di tintura sulle prestazioni del filo, per quanto riguarda i carichi di rottura osservati per gli assembly non sono state riscontrate, se non in poche casistiche, sostanziali differenze tra il tessuto rosso e il bianco.

Riassumendo quelli che sono stati i risultati dei test condotti si può asserire che:

- 1) La tela piana (il TV608) prevede carichi di rottura mediamente maggiori rispetto al twill (8777);
- 2) L'Honeycomb (H220) presenta carichi di rottura mediamente migliori della Bianchina (L2026);
- 3) La cucitura piatta prevede prestazioni migliori della cucitura in pulito e di quella in sporco (nell'ordine piatta, pulito e sporco);
- 4) Il cucirino più resistente è il tex 80, seguono nell'ordine tex 40 e tex 27;
- 5) I tessuti tinti hanno presentato prestazioni lievemente migliori dei tessuti greggi;

Per coniugare il discorso dell'analisi prestazionale della confezione al concetto del comfort termofisiologico sono state poi realizzate delle analisi di permeabilità all'aria basandosi su risultati riportati con deviazioni standard delle dieci misure realizzate per ogni assembly in diverse zone di questo³⁸:

MATERIALE	TESSUTO	PERMEABILITA' STRATI SINGOLI (mm/s)	PERMEABILITA' TESSUTI ASSEMBLATI (mm/s)
1	TV608 ROSSO	366.0 ± 34.6	294.8 ± 28.2
	BIANCHINA L2026	1348.7 ± 28.4	
2	TV608 BIANCO	369.6 ± 33.3	292.2 ± 33.2
	BIANCHINA L2026	1326.2 ± 24.9	
3	8777 ROSSO	172.2 ± 7.8	161.7 ± 5.7
	BIANCHINA L2026	1305.3 ± 27.3	
4	8777 BIANCO	71.6 ± 7.3	69.1 ± 2.3
	BIANCHINA L2026	1322.8 ± 45.8	
5	TV608 ROSSO	418.8 ± 16.4	331.9 ± 21.2
	H2220	958.0 ± 21.3	
6	TV608 BIANCO	362.3 ± 54.0	293.4 ± 31.3
	H220	992.2 ± 13.2	
7	8777 ROSSO	169.3 ± 9.0	148.0 ± 6.0
	H220	958.1 ± 19.2	
8	8777 BIANCO	70.1 ± 4.2	70.7 ± 4.5
	H2220	979.0 ± 32.5	

Tabella 4-8. Analisi di permeabilità all'aria di singoli tessuti e assemblati dei compound considerati, per gentile concessione del Politecnico di Torino

La permeabilità all'aria è stata realizzata sui materiali condizionati (T=20°C, U.R.=65%, 24h) permeabilmetro Branca Air Permeability N°37/S, STA Branca Idealair S.a.s. (Italia).

I parametri con i quali sono state effettuate le prove sono:

- a. Volume di aria: 100 l;
- b. Caduta di pressione: 100 Pa;
- c. Area di prova: 20 cm² (ad eccezione del tessuto Bianchina L2026 per la quale è stata utilizzata un'area di prova di 10 cm² così da poter raggiungere la caduta di pressione necessaria);

La velocità dell'aria che attraversa il tessuto in direzione perpendicolare viene espressa in mm/s.

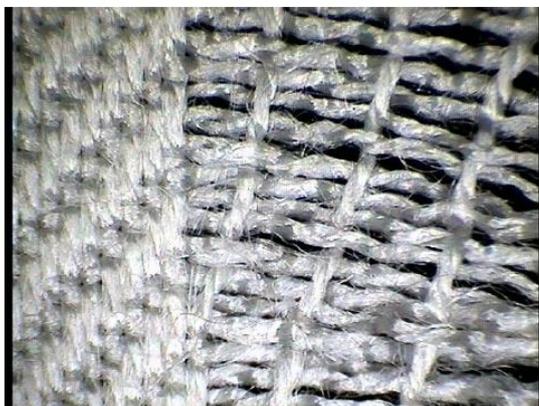
Le conclusioni che sono state tratte dall'analisi sono:

- a. I tessuti esterni sono meno permeabili dei tessuti interni e di conseguenza le permeabilità all'aria degli accoppiati sono dettate dalle permeabilità all'aria dello strato esterno, in quanto questi risultano il fattore limitante rispetto allo strato interno;

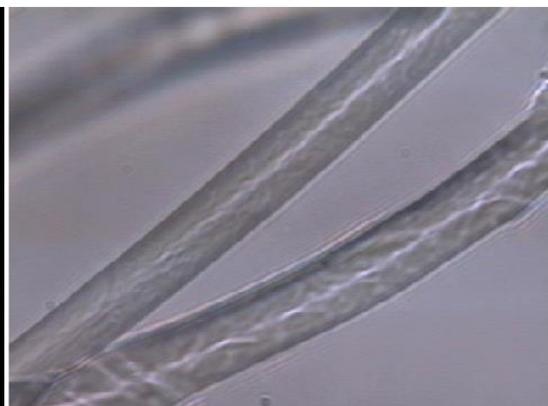
- b. Tra i tessuti interni, la Bianchina L2026 dimostra una permeabilità all'aria superiore rispetto all'Honeycomb 220;
- c. Il tessuto diagonale 8777 risulta aumentare la propria permeabilità all'aria nella versione rossa;

Nuovamente, anche le caratteristiche di permeabilità all'aria, sono imputabili all'armatura del tessuto (nel caso specifico il fattore discriminante risulta essere l'esterno). I risultati infatti sono imputabili alla densità dei fili dei tessuti calcolata in accordo con la norma ISO 7211-2:1984 che prevede la determinazione del numero dei fili per unità di lunghezza, per quanto riguarda il tessuto Twill infatti è di 42 fili al cm, valore che si riduce per quanto riguarda la Tela che registra invece 38 fili al cm in ordito. A fini dimostrativi sono state realizzate delle prove di caratterizzazione sul tessuto che, si è osservato, presenta performance di permeabilità all'aria peggiori ovvero il tessuto definito 8777 nella colorazione rossa e greggio:

TEST		RISULTATI ANALISI		METODO
Composizione	%	100% aramide		Reg. UE 2011/1007 ISO 1833
Massa areica	$\frac{g}{m^2}$	151		UNI 5114
Armatura	Tipo	Saia 3/1		UNI 8099
		SENSO ORDITO	SENSO TRAMA	
Riduzioni su cm 1		N° 40 fili/cm	N° 30 fili/cm	EN 1049-2
Titolo filato estratto		Nm 2/99 (dtex 101 x 2)	Nm 2/99 (dtex 101 x 2)	UNI 9275



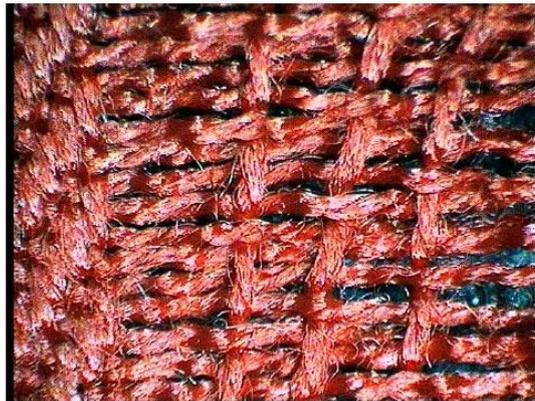
ARMATURA



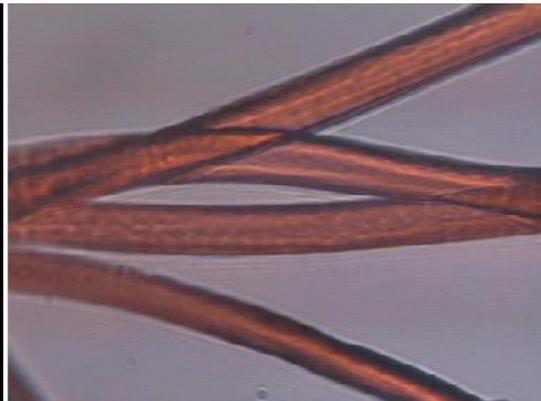
FIBRE

Figura 4-25. Analisi composizionale, caratterizzazione, riduzione e struttura del tessuto 8777 BIANCO

TEST		RISULTATI ANALISI		METODO
Composizione	%	100% aramide		Reg. UE 2011/1007 ISO 1833
Massa areica	$\frac{g}{m^2}$	152		UNI 5114
Armatura	Tipo	Saia 3/1		UNI 8099
		SENSO ORDITO	SENSO TRAMA	
Riduzioni su cm 1		N° 40 fili/cm	N° 30 fili/cm	EN 1049-2
Titolo filato estratto		Nm 2/95,8 (dtex 104 x 2)	Nm 2/95,0 (dtex 105 x 2)	UNI 9275



ARMATURA



FIBRE

Figura 4-26. Analisi composizionale, caratterizzazione, riduzione e struttura del tessuto 8777 ROSSO

L'analisi della titolazione dei filati, in accordo con quanto osservato nei test di permeabilità all'aria, permette di osservare una titolazione leggermente maggiore per quanto riguarda il campione tinto in confronto al campione naturale, sebbene questo dato sembrerebbe andare in contrasto con quanto osservato nelle misure di permeabilità, il comportamento può essere giustificato dal fatto che il capo tinto risulti leggermente sfibrato in confronto a quanto si osserva nel greggio e che dunque può aver determinato una barriera sicuramente meno resistente al passaggio dell'aria.

Ne deriva dunque che nell'ottica di trovare la necessità di coniugare il comfort termofisiologico di una tuta da racing con gli standard prestazionali ai fini omologativi (esclusivamente per quanto concerne le prove di trazione in quanto riguardano l'argomento trattato nello specifico nella tesi) si nota dunque che l'accoppiamento tra una tela esterna (TV608) ed il tessuto 3D a nido d'ape (Honeycomb H220) risulta essere la migliore alternativa (seguita dal medesimo esterno previsto con la Bianchina L2026 che tuttavia non è un assembly suggerito tra le proposte dell'azienda).

Sono inoltre stati condotti dei test di misura dell'angolo di contatto entrambi i tessuti ovviamente si sono rivelati idrofobici con la leggera differenza che il tessuto tinto risulta presentare un angolo di contatto leggermente maggiore:

$$\vartheta(ROSSO) = 100.4 \pm 6.94$$
$$\vartheta(BIANCO) = 107.8 \pm 6.00$$

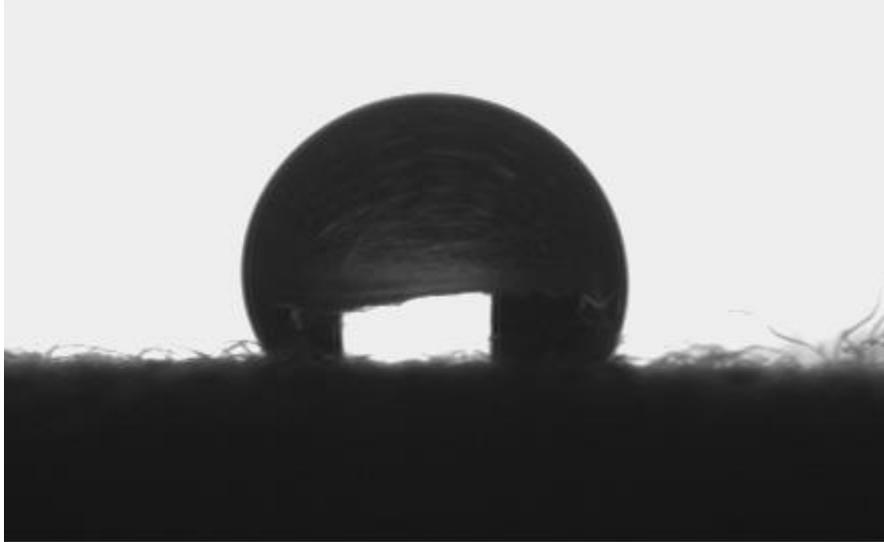


Figura 4-27. Misura dell'angolo di contatto per il TV608 BIANCO, per gentile concessione del Politecnico di Torino



Figura 4-28. Misura dell'angolo di contatto per il TV608 ROSSO, per gentile concessione del Politecnico di Torino

Il differente comportamento viene principalmente imputato all'azione dell'agente di swelling che induce delle modifiche superficiali nella fibra: innanzitutto l'azione dello stesso sta proprio nell'interferire con la struttura della fibra rompendo o formando dei legami o addirittura aggiungendone dei sostituenti³⁹. Queste modifiche risulta immediato pensare che possano determinare sensibili modificazioni a livello di idrofobicità della fibra, questi cambiamenti chimici risultano immediati proprio nell'azione dell'alcool in quanto permettono alla fibra stessa di modificare la sua colorazione aumentandone la bagnabilità.

Le modifiche prettamente fisiche invece insistono nella creazione di una superficie arriciata che aumenti l'area esposta in fase di tintura aumentando l'assorbimento del colorante.

Di seguito vengono riportate anche le analisi ATR-FTIR¹³ realizzate presso il laboratorio del Politecnico di Torino:

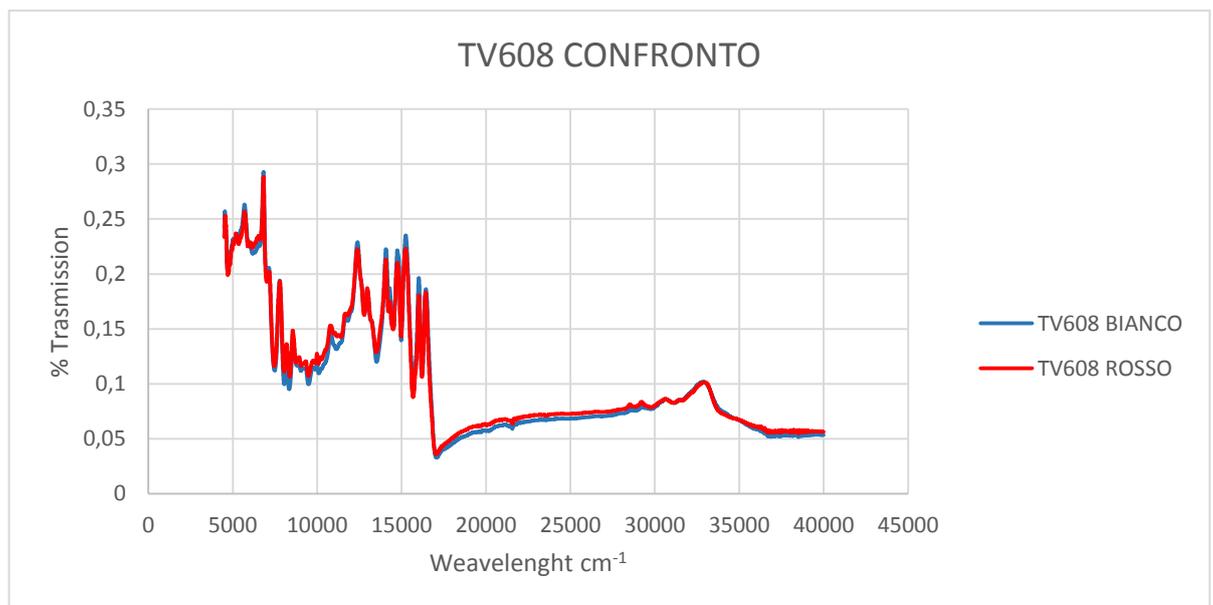


Figura 4-29. Analisi ATR-FTIR di TV608 ROSSO e BIANCO

I picchi di più rilevante importanza sono:

¹³ La tecnica prevede che venga inviata un'onda luminosa attraverso un materiale ottico che debba essere trasparente, o quasi, a questa e che abbia un indice di rifrazione maggiormente elevato rispetto al materiale che lo circonda in modo tale che funzioni da guida d'onda rispetto alla radiazione luminosa. Questa tecnica non è dipendente dallo spessore del campione e dunque permette di analizzare un ampio range di materiali e reazioni chimiche dal momento che non viene richiesta alcuna diluizione del composto stesso. La penetrazione del raggio permette l'analisi della struttura e della composizione dello stesso.

- 1600-1650 cm^{-1} relativo allo stretching della molecola di C=O e al legame ammidico N-H;
- 3200 cm^{-1} relativo al legame ammidico N-H;
- 1600 cm^{-1} relativo allo stretching del legame aromatico C=C;

Dalle analisi ATR-FTIR infine non si notano sostanziali cambiamenti tra i due spettri, ciò implica che non sono state osservate evidenti modifiche chimiche superficiali nel materiale.

CAPITOLO 5

ANALISI QUALITATIVA DELLA CONFEZIONE

“Il controllo della qualità è destinato al fallimento se consiste semplicemente in una manciata di persone che studiano i principi della statistica, rintanati in un angolo dell'azienda”

- Kaoru Ishikawa

Con il passare degli anni le aziende sono sempre più orientate nei confronti di una competitività globale, non solo da un punto di vista geografico, ma nell'accezione della comprensione della globalità degli aspetti caratteristici dell'attività produttiva. Tutto questo si contestualizza in un sistema di contrazione dei prezzi determinando un nuovo paradigma di produttività del moderno sistema produttivo⁴⁰.

Nel medesimo scenario viene anche rilasciato il concetto per cui la soluzione più efficace per affrontare al meglio tale cambiamento è quella di focalizzare e razionalizzare le risorse a disposizione organizzando un approccio organico ed integrato dalla fase di produzione a quella di gestione e controllo del sistema.

Per quanto riguarda l'ambito qualitativo si anticipa una sempre crescente sensibilità nei confronti degli standard qualitativi sia per quanto riguarda la clientela sia per quanto riguarda, consequenzialmente, le imprese fornitrici di beni e servizi.

Questo concetto si traduce in un'importanza sempre più marcata del settore qualità sia per quanto riguarda il consumatore che si trova orientato verso aspettative sempre più significative sia per quanto riguarda l'azienda stessa che si trova a dover sottostare a determinati standard qualitativi per quanto riguarda i processi aziendali, di prodotti e di servizi.

In sintesi si può riassumere la tematica nella ricerca della massimizzazione degli standard qualitativi in termini di ricerca della produttività, tale che rispecchi gli standard di flessibilità ed elasticità dei servizi e processi aziendali atti al rispetto della sicurezza e la salvaguardia della collettività e dell'ambiente.

Nel termine più generale la qualità può essere definita come quell'insieme di caratteristiche ed attributi di un oggetto che lo rendono capace di soddisfare le richieste (espresse o implicite) della produzione e del consumato

5.1 EVOLUZIONE DEL CONCETTO DI QUALITÀ'

Il concetto di qualità ha subito una profonda evoluzione nel tempo, evolvendosi ed innovandosi in modo che venissero adottate metodologie e criteri sempre più affini al contesto nel quale venivano inserite e non finalizzate unicamente alla mera modifica del sistema. Il concetto di impresa, l'aumento di criteri considerati al fine di definire un giudizio ed uno standard oggettivo comprensivo dell'introduzione di eventuali macchinari via via più complessi che hanno progressivamente la qualità intesa come variabile associata al soggetto lavoratore ("*spot*") a quella dell'impresa ("*seriale*") comprese nel contesto di quella che viene definita "qualità di rete"⁴¹.

Dal concetto semplificato di "Controllo e Collaudo" si è passati perciò al più strutturato concetto di "Controllo di Qualità" sino all'attuale concetto di "Total Quality Management" ¹⁴ seguendo diverse fasi evolutive individuate indicativamente in [Fig.5-1] secondo intervalli temporali assolutamente non vincolanti.

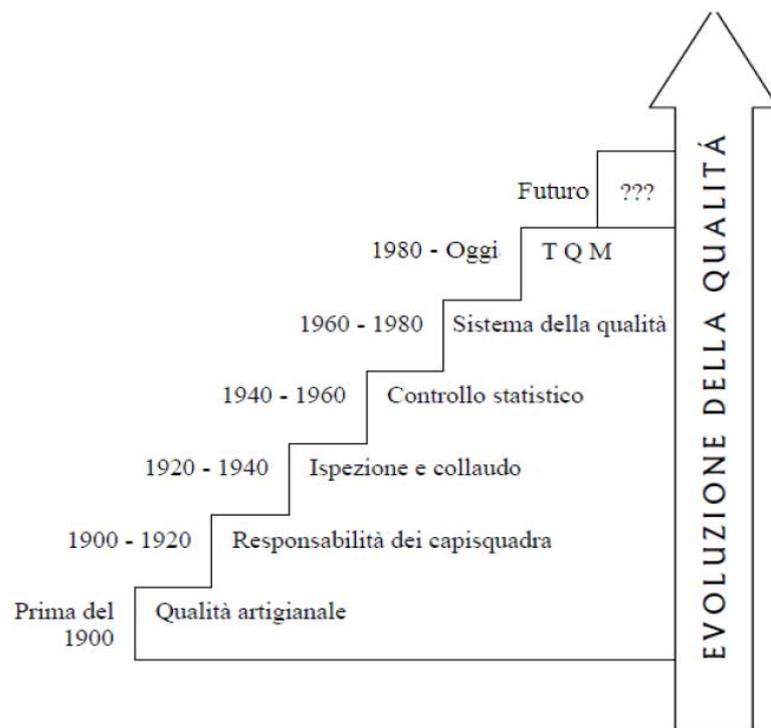


Figura 5-1. Evoluzione del concetto qualità (G.Mattana, 2006)

¹⁴ Il modello della "Gestione Totale della Qualità" prevede che la qualità venga considerata in ognuno dei suoi molteplici aspetti garantendo un approccio globale e orientato ad ogni fase produttiva della realtà aziendale

Gli albori del controllo qualità considerano questa fase sotto un aspetto totalmente artigianale secondo la quale l'esecutore è, al tempo stesso, produttore e controllore del proprio operato. Le conferme più antiche di tale concezione riguardano addirittura la società dei Fenici che prevedeva la presenza di un ispettore che fosse autorizzato a punire gravemente chi non dovesse rispettare gli standard stabiliti.

La più antica "guida alla qualità", risale, invece, al 1450 a.C. ed è stata scoperta in Egitto, questa spiega come sia possibile verificare, con l'aiuto di una corda, la perpendicolarità di un blocco di pietra.

Le basi dei principi moderni si osservano unicamente nel momento in cui si assiste al passaggio della qualità soggettiva ad una gestione della stessa improntata sulla responsabilità dei capi squadra e sulle progenitrici del moderno sistema di gestione della qualità.

Durante la prima rivoluzione industriale, che ebbe luogo in Gran Bretagna verso la fine del XVIII secolo, ci fu una forte spinta verso un concetto di qualità ancora più formalizzato. In questo periodo si ebbe il passaggio da una produzione artigianale che si basava sulle richieste del consumatore, ad una produzione di massa meno costosa rispetto alla produzione artigianale.

La seconda rivoluzione industriale infine segna un'ulteriore e meglio definita suddivisione del lavoro in seguito ad un'introduzione della catena di montaggio in pieno stile fordista.

La fase di ispezione e collaudo segna l'inizio del vero e proprio controllo qualitativo sul prodotto che viene accettato o scartato al termine del processo produttivo da parte del personale della produzione qualificato ai collaudi finali.

Il controllo statistico prevede invece che il prodotto venga accettato o scartato secondo controlli basati su criteri statistici che videro la loro massima applicazione durante la seconda guerra mondiale nel contesto in cui, per l'industria bellica, divenne necessaria la richiesta dell'utilizzo della manodopera finale non specializzata che aderiva ad un maggiore margine di errore.

Proseguendo nel percorso evolutivo, già nel secondo dopoguerra, al controllo di qualità viene affiancata l'assicurazione della qualità che successivamente osserva l'aggiunta l'assicurazione del prodotto ed infine il Total Quality Control.

Per Assicurazione di Qualità o "Quality Assurance" si intendono i processi produttivi controllati in modo pianificato e sistematico con procedure che coprono tutte le attività di acquisto (procurement), di fabbricazione (fabrication) e realizzazione del prodotto (manufacturing).

Per Assicurazione del prodotto o "Product Assurance" si intende il controllo del prodotto e del progetto e delle produzioni ad alto rischio. Affinché al cliente venga garantita adeguata fiducia sul risultato finale, sono poste in essi azioni sistematiche

e pianificate sui processi di produzione ma anche sulle tecniche e le discipline progettuali.

Per Controllo Qualità totale “Total Quality Control” si intende l’azione di governare affinché tutti i processi aziendali tendano ad un miglioramento continuo e al minimizzazione del costo.

Si conclude la linea temporale con la definizione di Qualità Totale (T.Q.M.) che può essere vista come una strategia aziendale su come organizzare i propri processi produttivi interni mirando al successo a lungo termine, ottenuto attraverso la soddisfazione del cliente e che comporta benefici per tutti i membri dell’organizzazione e per la collettività.

I principi del TQM vengono brevemente riassunti in:

- Orientamento ai risultati
- Centralità del cliente
- Leadership e coerenza di obiettivi
- Gestire in termini di processi e di sistema
- Coinvolgimento e sviluppo delle persone
- Apprendimento, innovazione e miglioramento continuo
- Sviluppo della partnership
- Responsabilità sociale

Con l’arrivo degli anni ‘80 vennero emesse a cura dell’ISO le prime norme inerenti alla qualità. Nel 1987 l’International Organization for Standardization adottò la prima edizione del pacchetto ISO 9000⁴² emessa dal comitato tecnico 176 al quale parteciparono oltre cinquanta nazioni allo scopo di:

- Chiarire distinzioni e relazioni tra i principali concetti di qualità;
- Fornire i criteri di scelta e utilizzazione di una serie di norme riguardanti sistemi di qualità che possono essere usati a fini interni di conduzione aziendale per la qualità (ISO 9004), o per un’assicurazione o garanzia della qualità rivolta verso l’esterno (ISO 9001, ISO 9002, ISO 9003);

L'introduzione delle norme apporta significative modifiche nel concetto di sistema qualità in quanto si introduce il concetto per cui la qualità non sia solo competenza di chi controlla ma del lavoratore in primo luogo, inoltre non assume più il mero significato di accettazione o scarto del prodotto ma si identifica più nell'instaurazione di parametri di processo che vanno strettamente rispettati al fine di garantire la conformità di produzione.

A seguito della prima emissione nel 1987 le norme subirono una revisione nel 1984 dal momento che inizialmente identificavano unicamente quelli che venivano definiti come settori ad alto rischio (ad esempio il settore nucleare aerospaziale) in quanto si premurava di attestare delle condizioni operative che garantissero la sicurezza e l'incolumità per il lavoratore e la collettività mentre nella revisione del 1994 ci si impegna a stabilire degli standard di qualità del prodotto e, in sintesi, prevedono l'introduzione di:

1. Uno standard di assicurazione della qualità;
2. Un approccio univoco normativo per la Quality Assurance e il Quality Management;
3. Un sistema di riferimento standard da parte dell'UE per la qualità dei sistemi di gestione;

5.2 VISION 2000

Vision 2000 è il nome del programma decennale di revisione delle norme ISO 9000 svolta dal comitato tecnico ISO/ITC 176 “Gestione per la qualità ed assicurazione della qualità”.

Il Comitato Tecnico ha evidenziato la complessità di una norma strutturata in 20 punti della quale doveva darsi attuazione e nata per garantire la qualità attraverso la certificazione al raggiungimento effettivo degli obiettivi senza un particolare riferimento al risultato così da andare oltre la conformità per potersi spingere verso l'eccellenza.

Il pacchetto 2000 è così identificabile:

a) UNI EN ISO 9000

Fondamenti e Terminologia

Pone le basi alla comprensione e specifica la terminologia utilizzata in tutte le norme del Sistema Qualità e introduce gli otto principi di gestione dello stesso (orientamento al cliente, leadership, coinvolgimento del personale, approccio per processi, approccio sistemico alla gestione, miglioramento continuo, decisioni basate su dati di fatto, rapporto reciproco di beneficio con i fornitori) esponendo anche il sistema di approccio per il miglioramento continuo;

b) UNI EN ISO 9001

Requisiti

Stipula la gestione del Sistema Qualità quando un'organizzazione ha l'esigenza di dimostrare la sua conformità ad ottemperare alle richieste dei consumatori ed a quelli cogenti applicabili e/o desidera accrescere la soddisfazione dei clienti mediante l'applicazione efficace del sistema con un miglioramento dello stesso o attestando la conformità ai requisiti inderogabili vigenti. Rappresenta dunque lo standard della ISO 9000 fornendo principi attestabili eventualmente anche da un ente esterno. La norma inoltre estende l'accezione di “prodotto” anche ai servizi e a qualsiasi cosa possa eventualmente essere destinata al cliente.

La norma è articolata in cinque punti: sistema di gestione della qualità, responsabilità della direzione, gestione delle risorse, realizzazione del prodotto e misurazione, analisi e miglioramento;

c) UNI EN ISO 9004

Linee guida per il miglioramento delle prestazioni

Garantisce oltre che l'efficacia anche l'efficienza del sistema di gestione per la qualità per il miglioramento continuo delle prestazioni dell'organizzazione.

La norma non è finalizzata ad obiettivi contrattuali o certificativi ma si impegna ad ampliare i criteri di soddisfazione del cliente e di qualità del prodotto. Il successo di un'organizzazione, affinché sia durevole, deve essere conseguito mediante la sua capacità di soddisfare le esigenze dei clienti e le loro aspettative come quelle di ulteriori altre parti nel lungo periodo ed in modo bilanciato.

L'autovalutazione diventa uno strumento importante per il riesame del livello di maturità dell'organizzazione che comprende la sua leadership, strategia e il suo sistema di gestione così come le sue risorse e i suoi processi al fine di identificare aree di forza e di debolezza considerando l'opportunità di eventuali miglioramenti e innovazioni;

Fondamentalmente le innovazioni possono essere riassunte come ampliamento dei settori di interesse, semplificazione del sistema e del linguaggio, focalizzazione su cliente ed efficacia, obiettivo volto al miglioramento continuo e compatibilità con ISO 14000 (pacchetto normativo relativo ai Sistemi di Gestione Ambientale).

5.3 I COSTI DELLA QUALITÀ'

Riferendosi ai “costi della qualità” è comune riscontrare che il percorso della certificazione sia una spesa fine a se stessa e come tale possa essere sostenuta solo da organizzazioni le quali siano in grado di sostenere questo onere. La svolta nel concetto risiede tuttavia proprio nel considerare la qualità non come un costo ma come un investimento.

L'errore non è mai un evento scontato ma basta entrare nell'ottica per cui:

- Ogni errore ha una causa;
- Le cause possono essere previste;
- I costi di prevenzione sono sempre minori dei costi di riparazione;

A loro volta i costi vengono suddivisi in due categorie⁴³:

1. I costi per assicurare la qualità ovvero i Costi della Conformità (COC) che a loro volta si identificano in costi di prevenzione e costi di valutazione. I costi di prevenzione sono costi che vengono impiegati dall'organizzazione al fine di evitare che si verifichino dei contesti di rischio nell'insorgenza dei difetti. Nei costi di prevenzione vengono classificati i costi legati alle ricerche di marketing per riscontrare le esigenze di mercato attuali ma anche i costi per la progettazione e il controllo dei processi, costi per la pianificazione della qualità e la predisposizione del Sistema Gestione della Qualità, costi relativi alla revisione delle specifiche di prodotto, costi per realizzare una nuova commessa (considerando i costi per i prototipi, i campioni ed eventuali prove), costi di riesame di un nuovo prodotto e dell'analisi dei rischi di un prodotto come alla sua tracciabilità, costi relativi alla valutazione dei fornitori, eventuali costi di prevenzione delle situazioni di rischio e costi relativi all'analisi della sicurezza, della capacità produttiva e per la realizzazione del bilancio. I costi di valutazione a loro volta riguardano maggiormente costi legati al riesame di offerte e contratti, ispezione dei magazzini e ispezioni presso il fornitore;
2. I costi per rimediare all'errore ovvero i Costi della Non Conformità (CNC) che a loro volta si identificano in costi di difetti interni, costi di difetti esterni

e costi indiretti legati alla non conformità. Nei costi riguardanti la non conformità rientrano i costi determinati da errori di pianificazione, revisione dei materiali, declassamento dei prodotti, documentazione errata e gestione dei prodotti non conformi ma anche costi di rivalsa da parte dei clienti (rientra il concetto per cui la prevenzione è sempre meno costosa della riparazione), costi per la perdita di immagine, costi legati ad eventuali azioni penali e ovviamente costi legati ad eventuali azioni correttive.

I costi derivanti da errori esterni sono intuitivamente i più impellenti nei quali agire perché non solo si rivelano come i più onerosi ma anche perché si riversano spesso sull'immagine dell'azienda. Sebbene siano più facili da prevedere, sono più difficili da valutare e prettamente improduttivi. In secondo luogo vengono trattati i costi riguardanti gli insuccessi gli interni.

Il costo di un errore riscontrato da un cliente è stimato essere cinque volte maggiore dello stesso che viene individuato in fase di progettazione o di produzione: prima l'errore viene intercettato e meno costerà all'azienda;

I costi che vengono attribuiti alla COC sono anche definiti come costi di prevenzione e si classificano come costi di qualità mentre i costi determinati dai CNC sono attribuiti ai costi della non qualità e si classificano come perdite.

La somma dei costi di COC e di CNC determina il costo necessario alla qualità per stabilire un determinato livello dei prodotti e dei servizi da realizzare o erogare.

L'analisi dei costi della qualità (COQ) risulta fondamentale nella valutazione dell'investimento finalizzato al Sistema Qualità ed è stimato essere tra il 20-40% del fatturato di un'azienda media.

Secondo delle stime, un buon sistema qualità può portare ad una riduzione del 25-50% dei CNC e che possa determinare un costo complessivo della qualità che si aggiri intorno al 2,5-10% del fatturato complessivo⁴⁴.

Il ritorno dei costi di investimento, tuttavia, non è immediato ma i benefici saranno riscontrabili a lungo termine quantificabili. Essendo complesso quantificare il rapporto tra il costo investito ed il beneficio ricavato, sono stati condotti diversi studi in merito e tra tutti il più rilevante risulta quello di Vinod Singhal⁴⁵.

Nello studio citato, vengono messi a confronto i risultati ottenuti dalle aziende vincitrici dei premi per l'eccellenza rispetto ad un parametro di riferimento omogeneo di aziende operanti nei medesimi settori delle vincitrici, nello specifico lo studio è stato condotto tra le aziende vincitrici dei premi per l'eccellenza (Premio M. Baldrige) ed aziende comparabili per cinque anni ed è stato documentato che le aziende vincitrici avessero ottenuto risultati superiori anche del 50% se rapportati a quelli dei competitor su tutti i parametri principali.

5.3.1 IL MODELLO EFQM

Tra i metodi di valutazione e pianificazione delle attività di razionalizzazione delle attività attraverso il processo di autovalutazione viene identificato il modello EFQM (European Foundation for Quality Management) basato su nove criteri, cinque dei quali identificati come “*fattori*” e i restanti quattro come “*risultati*”⁴⁶.

Le modalità di autovalutazione concordi al modello EFQM sono svariate e dipendono dalle risorse e dal tempo a disposizione nonché dalle necessità dell’organizzazione in termini di accuratezza e precisione dei risultati.

Gli approcci più elementari, come ad esempio un questionario, sono basati su percezioni più che su evidenze concrete e l’output dell’autovalutazione non può di certo essere correlato ad un’analisi quantitativa.

L’approccio più completo è quello definito “simulazione del premio”, questo richiede la compilazione di un documento di 75 pagine ricco di dettagli su ciascuna area da esaminare come se fosse una candidatura al premio.

La valutazione viene realizzata in base ad uno strumento proposto insieme al modello aggiornato al 1999 chiamato RADAR chart. La logica RADAR oltre ad evidenziare il principio causa-effetto, richiama il ciclo della Ruota di Deming (Plan-Do-Check-Act ovvero un metodo di gestione iterativo in quattro fasi utilizzato per il controllo e il miglioramento continuo dei processi e dei prodotti).

In relazione a ciò, la valutazione dei “fattori” si basa sulla verifica di quanto gli approcci siano coerenti, integrati, attuati, sistematici, misurati, rivisti periodicamente e oggetto di apprendimento continuo.

La valutazione dei risultati è pure molto dettagliata: sono verificati gli andamenti, fatti i dovuti confronti con dati interni ed esterni e ne vengono verificati i legami con gli approcci che li hanno generati. Nel complesso vengono attribuiti 100 punti tra fattori e risultati e ad ogni criterio viene attribuito un peso specifico all’interno del modello⁴⁶.

La funzione del modello non è dunque, come si evince intuitivamente, la vittoria del premio ma bensì quella di introdurre nell’azienda un metodo di gestione che non richiedesse prerequisiti.

I principi del modello si articolano in otto punti:

- 1) Orientamento ai risultati: la lungimiranza nella stabilità di un processo sta proprio nella capacità di soddisfare in egual modo tutte le parti (clienti, fornitori, lavoratori come anche possessori di quote dell’azienda);

- 2) Focalizzazione sul cliente: il cliente è il destinatario del prodotto e, in quanto tale, la necessità di comprendere e soddisfare a pieno le sue necessità risulta di primaria importanza;
- 3) Leadership e Costanza negli scopi: il comportamento del leader deve garantire chiarezza e l'ambiente di lavoro deve essere tale da mettere i lavoratori nelle massime condizioni di eccellenza;
- 4) Gestione attraverso i processi: l'organizzazione è più efficace quando sono comprese tutte le attività e queste sono gestite correttamente basandosi su dati attendibili;
- 5) Sviluppo e coinvolgimento del personale: il potenziale dei dipendenti, quando ben gestito rappresenta la più fondata arma di miglioramento dell'azienda (si riprende il concetto per cui il contesto risulta essere la maggiore variabile da considerare in modo che si instauri un rapporto di fiducia e di dialogo tra le parti);
- 6) Apprendimento continuo, Innovazione e Miglioramento: inventiva ed innovazione devono essere prontamente incoraggiate così come devono esserlo i continui cambiamenti volti al miglioramento dell'organizzazione e dei processi produttivi;
- 7) Sviluppo delle partnership: un'organizzazione è tanto più salda quanti rapporti di mutuo beneficio vengono instaurati, basati sulla fiducia e sul dialogo delle parti;
- 8) Responsabilità pubblica: l'azienda ed i dipendenti devono essere istruiti e consapevoli dell'importanza che le azioni ricoprono nell'impatto ambientale e devono essere spronati a responsabilizzarsi oltre quelli che sono i concetti organizzativi e di adempimento della legge;

Considerata dunque la logica di articolazione del modello, risulta imprescindibile perciò valutare il ruolo dell'autovalutazione nel modello EFQM.

L'obiettivo non è quello di ottenere un output numerico applicando le metriche di autovalutazione ma bensì lo sviluppo di una corretta diagnosi e di una sorta di consapevolezza organizzativa finalizzata, sempre, ad un'ottica di cambiamento.

I modelli di eccellenza, essendo stati strutturati come modelli di assegnazione di un premio presentano dei limiti in merito alla diagnostica dell'autovalutazione non

prevedendo chiari meccanismi per stimolare e sostenere l'attivazione di adeguati percorsi di ricerca riguardanti le cause di successo e di insuccesso aziendale.

Tale limite può essere attenuato adottando un modello di self-assessment che sia in grado di enfatizzare i modelli di causa-effetto come mostrato in Fig. 5-2

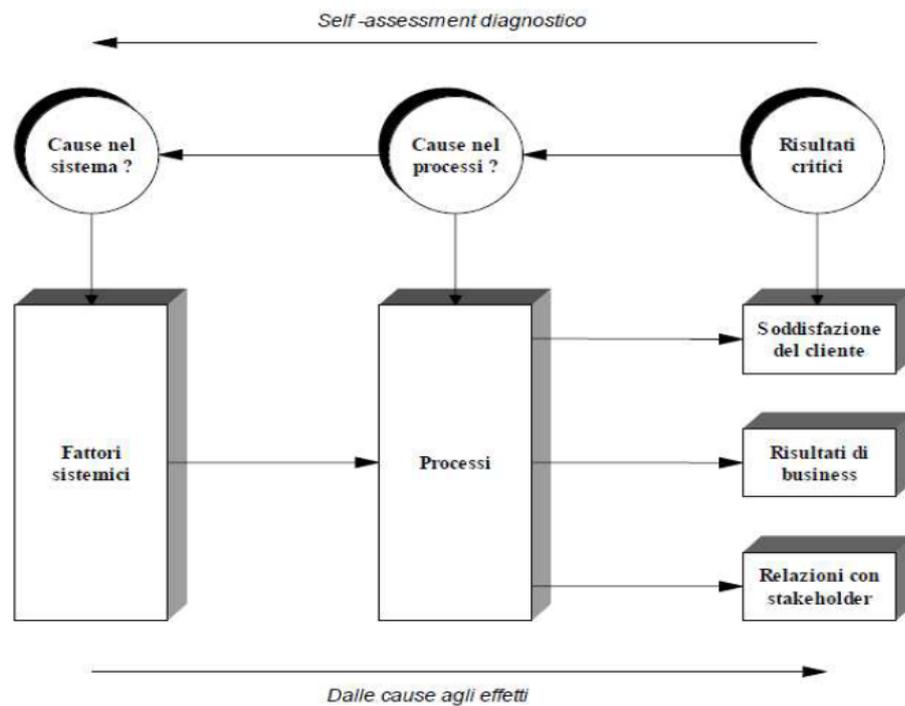


Figura 5-2. Self-Assessment model, G. Centrone, 2004

I risultati dell'organizzazione, elemento cardine dell'autovalutazione in quanto manifestazione concreta delle capacità e delle debolezze aziendali scaturiscono da un insieme di attività che siano in grado di trasformare un input in output partendo dai processi che vengono inevitabilmente influenzati da fattori sistemici.

La valutazione delle performances dei singoli processi si basa sulla valutazione delle prestazioni finali ed intermedie dello stato di controllo del livello di soddisfazione del cliente e del miglioramento continuo rispetto al modello precedente (sempre volto all'orientamento del miglioramento continuo). Le prestazioni dei processi sono collocate nell'area dei risultati e si riversano in "indicatori chiave di performance" articolate sulla base di risultati aziendali. Tra i fattori sistemici devono essere considerati: Leadership, strategie e piani, gestione delle risorse e architetture organizzative.

5.3.2 IL MODELLO TQM

La qualità totale “Total Quality Management” rappresenta un modello di svolta nella gestione del Sistema Qualità⁴⁶.

Questo modello è stato adottato per la prima volta negli Stati Uniti e si concentra nel concetto per cui l’azienda nel suo complesso, coinvolgendo tutti gli organi che la comprendono, debba essere volta all’ottenimento dell’obiettivo che viene definito come “*mission*”.

Ciò comporta non solo un’ottimizzazione degli sforzi ma anche che venga maggiormente approfondito il concetto di massimizzazione del sentimento di responsabilità percepito che è già stato introdotto in merito al modello EFQM.

La soddisfazione di un parametro standard di alta qualità non deve essere percepita come ingente costo di produzione sia perché il concetto di qualità è variabile e viene definito sulla base di ciò che vuole e che si aspetta il cliente dal momento che la soddisfazione del cliente permane essere il criterio di movimentazione base del modello, in secondo luogo va ricordato che il concetto di qualità in chiave moderna e contestualizzato alla società odierna non solo si basa su un criterio prestazionale ma si esprime anche in termini di proposta ad un prezzo competitivo in quanto la competizione aziendale stessa è ormai orientata anche verso questo aspetto.

Il TQM può essere inteso sia come modello gestionale (ovvero come un insieme di norme e regole che l’organizzazione adotta per diventare di qualità e che riprende l’adozione di modelli come EFQM) o come filosofia manageriale che va intesa per i principi e le indicazioni fornite al fine di ottenere un sistema in continua evoluzione e miglioramento.

Il TQM inteso come filosofia manageriale si articola secondo diversi principi:

- 1) Miglioramento continuo: ovvero il concetto di svisceramento dei processi volto ad una miglioria che si basa sulla teoria della ruota di Deming precedentemente affrontata;
- 2) Orientamento al cliente: ovvero l’ascolto costante delle necessità del cliente partendo dal presupposto che l’obiettivo sia la soddisfazione ed il miglioramento costante;
- 3) Cliente interno: modifica della concezione del lavoratore intendendosi come cliente interno che deve godere delle medesime attenzioni a premure del cliente inteso come consumatore, ciò si riversa nella qualità del lavoro in

quanto esattamente come un cliente soddisfatto tende a riacquistare il prodotto, un lavoratore soddisfatto darà il meglio di sé nella realizzazione del prodotto, viceversa un cliente insoddisfatto che cambia prodotto d'acquisto si tradurrà in un collaboratore insoddisfatto che cambierà lavoro;

- 4) Reparto a valle, reparto a monte: all'interno della medesima organizzazione vi sono dei momenti di scambio in cui l'ente ricevente deve essere inteso come cliente e dunque godere dei medesimi benefici;
- 5) Partnership con i fornitori: ogni servizio che si riceve da un ambiente esterno deve godere del medesimo livello di qualità che viene impostato internamente, esattamente come ogni servizio fornito dovrebbe. In associazione a tale concetto si ribadisce l'importanza per cui un rapporto saldo con il fornitore si basa su dialogo e fiducia e richiede le medesime innovazioni introdotte nella descrizione del rapporto riservato al collaboratore interno;
- 6) Quality first: ovvero l'impegno e la focalizzazione della ricerca della qualità continua;
- 7) Fact Based Decision Making: qualsiasi processo può e deve essere migliorato secondo un sistema di osservazione basato sull'evidenza empirica;

In generale si riassume nel concetto per cui l'organizzazione deve essere totale e comprendere tutti i collaboratori previsti dalla stessa considerando che ogni azione, migliorativa e non, si ripercuote nell'organizzazione intera, la qualità deve inoltre essere intesa nel lungo periodo senza mai perdere di vista l'obiettivo dell'ottenimento di miglioramenti nell'immediato ma affinché tutto ciò sia realizzabile è necessaria una leadership adeguata e che sia disposta ad investire correttamente nelle risorse umane.

5.4 KEY PERFORMANCE INDICATORS

Per caratterizzare gli indicatori delle performance chiave è necessario che gli indicatori utilizzati vengano correttamente definiti e che vengano approfonditamente sviscerati gli elementi costituenti e il metodo di classificazione degli indicatori.

Successivamente risulta sicuramente utile intrecciare le suddette specifiche al fine di definire il cosiddetto “Albero delle Prestazioni”.

In [Tab.5-1] viene illustrato lo schema descrittivo di un Key Performance Index:

ELEMENTO	DESCRIZIONE
Indicatore	VOCE DEL SISTEMA DI MISURAZIONE DELLE PRESTAZIONI:
	· “TEMPO MEDIO DI EVASIONE DELL’ORDINE” (INDICATORE DI SERVIZIO); · “PRODUTTIVITÀ ORARIA DELLE RISORSE UMANE” (INDICATORE DI COSTO);
Descrizione	COMPRENSIONE DEL SIGNIFICATO DELL’INDICATORE
Metrica	SPECIFICA LA FORMULA DI CALCOLO ATTRAVERSO CUI È OTTENUTO L’INDICATORE:
	· L’INDICATORE “TEMPO MEDIO DI EVASIONE DELL’ORDINE” (EO) È DATO DA: EO= TOTALE TEMPI DI EVASIONE / NUMERO ORDINI;
	· L’INDICATORE “PRODUTTIVITÀ ORARIA DELLE RISORSE UMANE” (P) È DATO DA: P = ORE SPESE DALLE RISORSE / NUMERO PRODOTTI.
Tipo di valore	EFFETTIVO, OBIETTIVO O DI RIFERIMENTO (<i>Benchmark</i>)
Commenti	EVENTUALI COMMENTI SULL’INDICATORE

Tabella 5-1. Analisi descrittiva di un Key Performance Indicator

I KPI vengono suddivisi nelle seguenti categorie:

- a. Indicatori generali di funzionamento;
- b. Costi;
- c. Qualità;
- d. Tempo;
- e. Flessibilità;

Nel definire le caratteristiche del processo è essenziale tener conto di due prospettive distinte ed essenziali: Process Owner (il manager che gestisce le

funzionalità del processo) e che concentra il focus principalmente sul processo che quindi non è visibile al cliente nel suo complesso o nelle diverse fasi che lo compongono, Cliente (interessato alle prestazioni del prodotto e non al processo) dove dunque ci si concentra nell'output che deriva dal cliente su criteri ampiamente osservabili dall'esterno. Unendo i concetti precedentemente esposti a quanto aggiunto se ne deriva la ramificazione in [Fig.5-3]:

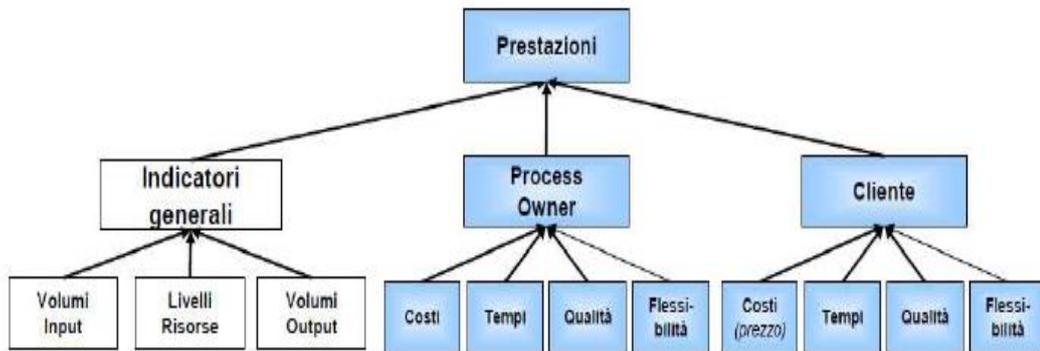


Figura 5-3. Albero delle prestazioni

Nell'esperienza condotta in azienda è stato possibile seguire i report relativi ai fornitori e ai terzisti riguardanti le prestazioni in ambito di confezione del prodotto basandosi sul dato più affidabile che corrispondesse al rapporto tra capi commissionati e capi riscontrati difettosi con frequenza mensile.

L'indice che ne deriva viene ampiamente descritto in [Tab.5-2]:

ELEMENTO	DESCRIZIONE
Indicatore	R/P
	Utile ai fini del giudizio delle prestazioni del fornitore
Descrizione	Indice della prestazione del fornitore tenendo in considerazione il numero di tute mensili prodotte
Metrica	<p>Individuazione di un andamento in votazione decimale ed estrapolazione del giudizio;</p> <p>$R/P = \text{Numero di tute rielaborate} / \text{Numero di tute prodotte}$</p>
Tipo di valore	E' possibile desumere il valore sfruttando i dati aziendali forniti
Commenti	La capacità di giudizio oggettiva è un punto cardine della valutazione dei fornitori

Tabella 5-2. Analisi descrittiva del KPI relativo al rapporto R/P

Il rapporto, intuitivamente, restituisce un numero tra zero e uno. A questo scopo sono stati stabiliti dei range di affidabilità convertendoli in votazioni in scala decimale secondo il criterio seguente:

- Se il rapporto restituisse come risultato 0, il voto corrispettivo assegnato risulterebbe 10 in quanto tutti i capi commissionati al fornitore sarebbero stati confezionati al meglio e privi di difettosità;
- Se il rapporto restituisse come risultato 0,5, il voto corrispettivo assegnato risulterebbe 0 in quanto non è ritenuto accettabile che il 50% dei capi commissionati presentino delle difettosità;
- Se il rapporto restituisse come risultato 0,15, il voto corrispettivo assegnato risulterebbe 5 in quanto il 15% dei capi commissionati risultanti difettosi viene considerato un limite di sufficienza minima del fornitore;

A questo punto con le condizioni appena discusse ne è stato costruito un modello tramite il software di Excel che restituisce l'andamento della relazione modellata come illustrato in [Fig.5-4]:

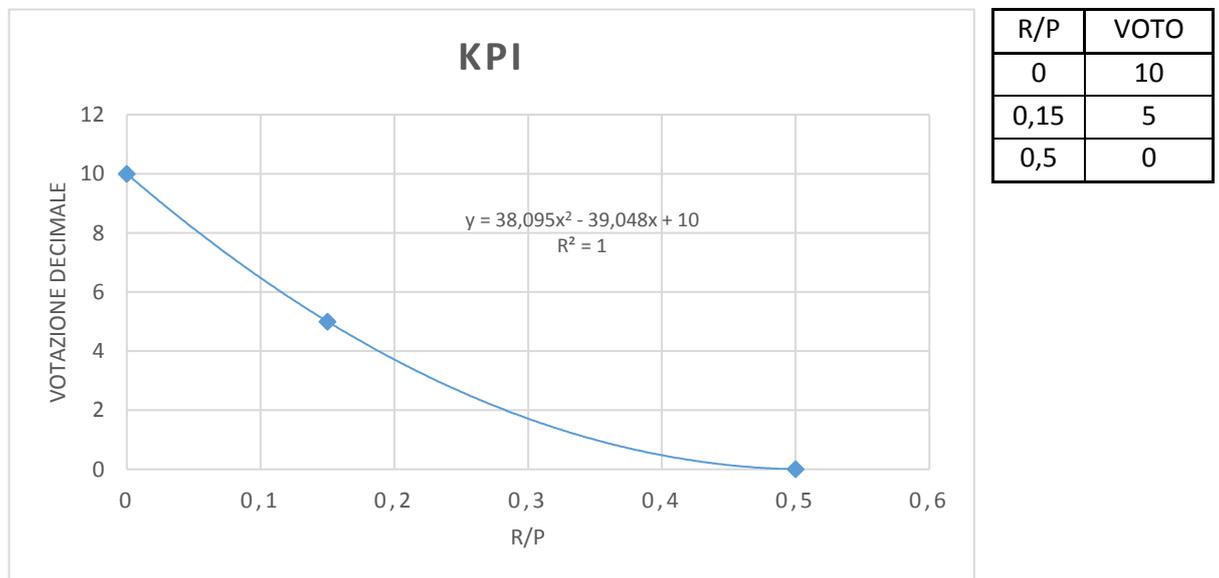


Figura 5-4. Calcolo della relazione finalizzata al sistema di votazione

Alla curva è stata affiancata una linea di tendenza che approssimasse la dispersione dei punti ad una polinomiale di secondo grado (il valore unitario di R^2 indica che l'approssimazione coincide idealmente con l'andamento della curva) della quale

equazione permettesse di ottenere un modello matematico che correlasse il valore del rapporto ad un sistema di votazione.

In accordo con quanto precedentemente discusso, il criterio di formulazione del KPI risiede principalmente sulla volontà di estrapolare un giudizio il più possibile oggettivo ed invariabile con il tempo (non si prefigge infatti l'obiettivo di una valutazione universale dell'affidabilità né delle capacità del fornitore stesso) che permettesse all'azienda di stabilire una stima dell'andamento delle prestazioni del fornitore che garantisca un'analisi completa ed accurata delle problematiche riscontrate mensilmente e di formulare conseguenzialmente una soluzione mediante il dialogo e la collaborazione tra le parti.

Nel caso specifico, il KPI illustrato è stato adattato nella valutazione mensile dei confezionisti ai fini di definire un sistema di monitoraggio dell'andamento delle difettosità che servisse, ai fini del miglioramento delle prestazioni e della comunicazione con i terzisti.

Di seguito viene riportato un esempio di un'analisi condotta nel mese di aprile per i vari laboratori in collaborazione con l'azienda:

Somma di Quantità	Nome						Totale complessivo
Descrizione	A	B	C	D	E	F	Totale complessivo
**** TUTA R548 SPRINT RS-2.1 SPECIA				1			1
DAR TUTA K41 X-LIGHT KS-7 CRG AR SP						1	1
K38 PRIME KS-10 ENERGY SP					1		1
TUTA IGNIF.MONOSTRATO ONE SPECIALE	1						1
TUTA R548 SPRINT 2020 SP				1			1
TUTA R553 INFINITY 3.0			2				2
TUTA R554 COMPETITION USA RS-5.1 SP				4			4
TUTA R556 COMPETITION PRO SP						1	1
TUTE R557 PRIME PRO SP					4	2	6
Totale complessivo	1	2	6	5	3	1	18

Tabella 5-3. Pivot dei terzisti riguardanti le prestazioni del mese di Aprile 2021

Come si può evincere da una prima osservazione, oltre alla categoria del difetto riscontrato (misure, confezione, ricamo, omologazione o difetti riguardanti eventuali incongruenze con la Scheda Tecnica del prodotto) ciò che viene considerato in rapporto all'errore è anche il modello della tuta nella quale questo è stato riscontrato.

Quest'analisi infatti permette di correlare eventuali peculiarità del modello della tuta in questione con le difficoltà riscontrate dalla produzione, interna o esterna che sia, così che l'azione correttiva possa essere ancor più mirata ed efficace.

		E	F	TERZISTI			
INDICI DI VALUTAZIONE	PESO PERCENTUALE (%)			A	B	C	D
	feb-21						
INDICE R/P	100	0,08	0,02	0,093	0,04	0,15	0,18
GIUDIZIO DEL FORNITORE		7,03	9,23	6,69	8,49	5,00	4,2
PESO MENSILE NELLE RIELABORAZIONI		18,18%	12,85%	12,50%	23,00%	27,27%	6,20%

Tabella 5-4. Esempio di valutazione mensile della produzione

A titolo di esempio inoltre viene riportata anche una simulazione di quelle che sono state le valutazioni mensili svolte indicando anche il peso percentuale sulle spese totali sostenute ai fini delle riparazioni di difetti di collaudo e indicando eventuali peggioramenti (in rosso) o miglioramenti (in verde) delle prestazioni rapportate al mese precedente.

Il seguente sistema, basandosi sulle classificazioni affrontate preliminarmente, si classifica come un indicatore relativo alla prospettiva del Process Owner in merito alla qualità.

5.5 IL CONTESTO AZIENDALE

A fede del Manuale della Qualità, l'azienda rispetta la norma UNI EN ISO 9001:2015 "Sistemi di Gestione per la Qualità – Requisiti" e la norma IATF 16949:2016 "Requisiti per il sistema di gestione per la qualità per la produzione di serie e delle parti di ricambio nell'automotive"⁴³.

Per i prodotti interessati dal presente Manuale sono applicabili le seguenti leggi/regolamenti:

- CEE n° 85/374 e direttiva CEE n° 92/59 Responsabilità del produttore per danno causato da prodotto difettoso o non sicuro.
- UNI EN ISO 9000:2015 "Sistemi di Gestione per la Qualità – Fondamenti e Vocabolario"
- Decreto Legislativo 24 giugno 2003, n. 209 - Attuazione della direttiva 2000/53/CE relativa ai veicoli fuori uso (Direttiva IMDS).
- Regolamenti relativi alle omologazioni di prodotto

Inoltre applicano il regolamento dell'Ente di certificazione per il quale è disciplinato l'uso del marchio e del certificato e i requisiti specifici dei Clienti²⁷.

Il Manuale stipulato si specifica essere complementare, e non alternativo, ai requisiti tecnici specificati di prodotto, nello specifico: sedili speciali, abbigliamento sportivo protettivo ed ignifugo, equipaggiamenti e componenti tecnici per vetture da competizione e commercializzazione di accessori auto.

Di seguito viene riportata l'interazione e la sequenza dei processi dell'azienda:

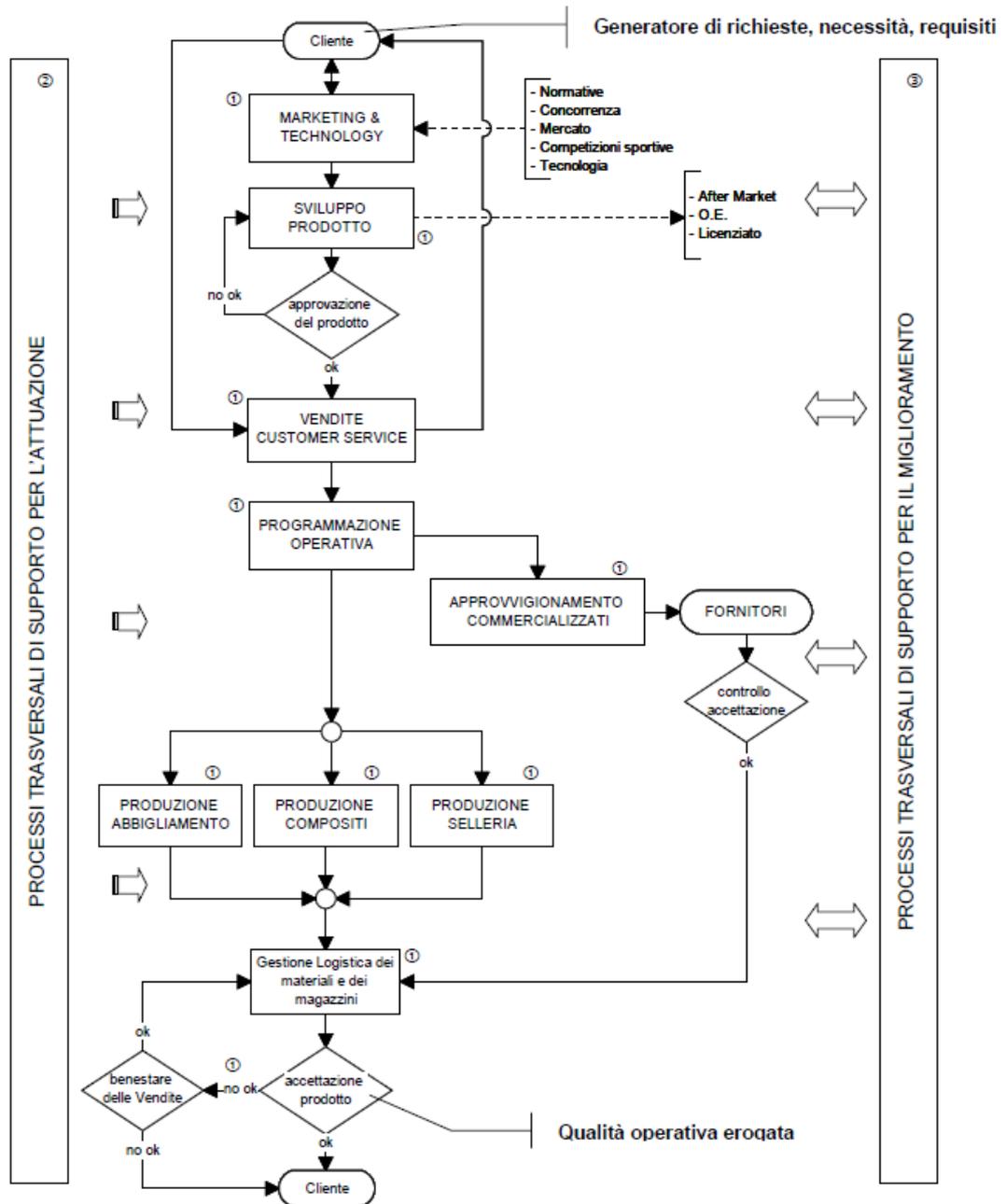


Figura 5-5. Sinottico dei processi della Sparco S.p.a

E' stata considerata anche la gestione dei processi affidati all'esterno ("outsourced") e che hanno diretta influenza sulla conformità del prodotto finale ai requisiti specificati.

Tra questi processi si possono trovare: assemblaggio sedili, lavorazione dei prodotti in materiale composito e lavorazioni (anche parziali) su capi di abbigliamento.

Trattandosi prevalentemente di processi il cui know-how appartiene all'azienda, definiti gli estremi e i vincoli contrattuali, Sparco esercita un controllo diretto sui

prodotti (campionamento in accettazione arrivi) o indiretto (certificazioni di qualità del fornitore).

La struttura della documentazione necessaria per gestire i processi del Sistema di Gestione per la Qualità (SGQ) è articolata nei livelli seguenti:



Figura 5-6. Struttura della documentazione necessaria al Sistema Gestione Qualità

A tale documentazione si aggiunge la politica per la qualità e gli obiettivi (strategici e di miglioramento) dell'azienda, formalizzati ed attuati attraverso i Piani di Miglioramento.

L'attenzione alle esigenze ed aspettative del Cliente è un requisito base della politica per la qualità dell'azienda che ha l'obiettivo fondamentale di ottenere la completa soddisfazione del Cliente e la conseguente sua fidelizzazione.

Il Comitato di Direzione ha riconosciuto la necessità di stabilire e mantenere operativo un Sistema di Gestione per la Qualità applicabile ai processi dello Stabilimento e conforme ai requisiti della Norma UNI EN ISO 9001: 2000.

Le norme UNI EN ISO 9000 sono focalizzate ai fini dell'organizzazione aziendale con lo scopo di farla funzionare come un "sistema di qualità", con tutti i processi aziendali operanti fra loro in armonia e orientati al raggiungimento di tre obiettivi chiave: soddisfazione del cliente, ottimizzazione delle risorse umane e organizzazione dinamica ovvero stabile ma allo stesso tempo capace di riassetarsi a fronte dei cambiamenti interni o delle sollecitazioni provenienti dall'esterno (clienti o concorrenza del settore).

Tale sistema deve assicurare il consolidamento e lo sviluppo della posizione dell'azienda nel settore di mercato in cui opera. Il raggiungimento di tale obiettivo richiede l'attivazione di strategie atte ad assicurare:

- La massima attenzione alle esigenze ed aspettative del Cliente;

- Il miglioramento continuativo e misurabile delle prestazioni di tutta la struttura aziendale;
- La consapevolezza e la motivazione delle risorse umane;
- La certificazione di terza parte accreditata del Sistema e il suo mantenimento.

Le attività per raggiungere gli obiettivi di Qualità devono essere pianificate e l'esito deve essere verificato in un contesto in cui tutti i processi aziendali interagiscono efficacemente mirando ad un continuo miglioramento dei prodotti aziendali.

Migliorare i prodotti significa, in ottica del cliente esterno, migliorare qualità, servizio e prezzo dei prodotti e dei servizi stessi.

- Migliorare la Qualità significa monitoraggio assiduo dell'andamento aziendale, attraverso Audit di gestione, organizzativi e di qualità e sensibilizzazione dei dipendenti sull'andamento della loro Azienda attraverso momenti istituzionali di comunicazione dei principali indici considerati (Qualità, Fatturato, ecc.);
- Migliorare il servizio significa formazione continua e migliorare la valorizzazione del personale a tutti i livelli, massima attenzione al servizio in termini di puntualità e tempestività di risposta;
- Migliorare il prezzo significa aggiornamento tecnologico e continua revisione e razionalizzazione delle attività aziendali secondo i principi ispiratori delle norme ISO 9000 ed il mantenimento a livelli elevati della Certificazione di Qualità;

Il raggiungimento degli obiettivi richiede l'impegno a tutti i livelli dell'organizzazione, per l'attivazione e il mantenimento dei seguenti strumenti gestiti nell'ambito del Sistema di Gestione per la Qualità:

- Il Piano di Miglioramento: ovvero un documento interno emesso annualmente dal Comitato di Direzione integrato nel Riesame della Direzione, in coerenza con gli indirizzi generali e le strategie della politica della qualità aziendale che viene concordato con le Funzioni coinvolte in cui si riscontrano possibilità di miglioramento;

- La messa a punto, ove applicabile, di “Indicatori” per la misura delle attività pianificate di miglioramento;
- La Formazione del personale per la qualità;
- L’attribuzione da parte del Comitato di Direzione delle risorse (personale e mezzi) necessarie per il raggiungimento degli obiettivi assegnati alle Funzioni aziendali con particolare riferimento all’attuazione delle verifiche ispettive e dei progetti di miglioramento;

5.5.1 REALIZZAZIONE DEL PRODOTTO

La pianificazione dei processi di realizzazione viene effettuata in coerenza con gli altri requisiti del SGQ e viene documentata da programmi di avanzamento produzione delle commesse in corso sui quali si specificano le fasi delle attività sui singoli stampi, le tempistiche e le risorse impiegate.

La pianificazione può inoltre specificare gli obiettivi per la qualità relativi al prodotto derivanti da disegni e Schede Tecniche e può essere sviluppata a flusso.

I requisiti del prodotto e dunque la proposta dell’azienda sono specificati in conformità con i requisiti concordati con i clienti comprensivi di quelli relativi al processo di consegna, requisiti non precisati dal cliente ma necessari all’uso del prodotto, eventuali requisiti normativi e legali riferiti alla regolamentazione, alla sicurezza e all’utilizzo del prodotto.

Il processo di riesame riguarda le attività che prevedono la verifica di disponibilità e la fattibilità in volume richiesto e quindi di rispetto delle tempistiche richieste.

Al ricevimento dell’ordine del cliente, o di un suo formale benestare nel procedimento, viene effettuata una verifica documentale di coerenza e completezza.

La verifica di fattibilità, effettuata in sede di offerta, costituisce parte integrante del riesame del contratto, in quanto viene effettuata sostanzialmente sulla base dei requisiti richiesti e recepiti e della potenziale capacità realizzativa dell’azienda. Questo riesame viene effettuato al fine di verificare che esistano le risorse aziendali (tecniche ed umane) necessarie a soddisfare nei tempi e nei modi richiesti le esigenze e le aspettative del cliente, ad esito negativo del confronto, l’ordine può essere respinto oppure ridiscusso con lo stesso.

Ad esito positivo del controllo, l’ordine può essere preso in carico dal commerciale che attiva le opportune registrazioni. Le modifiche ai requisiti contrattuali durante le attività di fornitura che comportino variazioni sostanziali delle caratteristiche del contratto pattuito vengono gestite dal commerciale.

In ogni caso, l'autorizzazione a procedere alla modifica richiesta viene data solo dal commerciale dopo le debite analisi tecnico-economiche.

La comunicazione con il cliente avviene, in funzione degli argomenti trattati, da parte di tutte le funzioni competenti dell'azienda tramite comunicazioni verbali (documentante opportunamente dall'interlocutore dell'azienda), scritte (lettere, documenti commerciali e tecnici, informazioni di ritorno dal cliente) e informatiche (e-mail). I flussi di comunicazione con il cliente sono gestiti dall'azienda secondo le prescrizioni applicabili delle procedure del Sistema di Gestione per la Qualità, in generale secondo la procedura "Gestione documenti, dati e registrazioni" ed in particolare secondo le seguenti procedure:

- a) Informazioni relative al prodotto/servizio;
- b) "Riesame del contratto";
- c) Informazioni di ritorno da parte del Cliente: "Gestione del materiale non conforme" e "Gestione azioni correttive e preventive".

La Sparco, secondo l'importanza o la criticità dei materiali e servizi acquistati, classifica i propri fornitori, in conformità con la procedura "Valutazione dei Fornitori", nelle seguenti categorie:

- a) Fornitori di prodotti o servizi "critici" ai fini delle richieste delle norme vigenti e/o del cliente Sparco in relazione alle caratteristiche di qualità, affidabilità e sicurezza degli stessi prodotti. Sono fornitori legati direttamente al prodotto finale da realizzare e riguardanti lavorazioni esterne (semilavorati e componenti finiti), materie prime, attrezzature, imballi;
- b) Fornitori di prodotti o servizi "correnti" nel senso che le eventuali non conformità non possono pregiudicare direttamente le caratteristiche critiche e importanti per la funzionalità del prodotto.

La definizione dei fabbisogni viene effettuata dagli acquisti sulla base delle necessità che emergono durante le lavorazioni. Gli ordini possono essere emessi solo a fornitori qualificati contenuti nell'Elenco dei Fornitori, come da procedura "Approvvigionamento di materiali e servizi". Nel caso si individuasse la necessità di nuovi fornitori, non presenti nell'elenco fornitori il settore degli acquisti deve procedere alla valutazione e qualificazione degli stessi.

L'ordine di acquisto ad un fornitore qualificato riporta in linea di massima e per quanto necessarie le seguenti voci:

- Descrizione del prodotto e del servizio richiesto con riferimento al codice (se disponibile);
- Quantità (con riferimento all'unità di misura);
- Data di consegna e prezzo;
- Eventuali requisiti aggiuntivi quali: modalità di collaudo, requisiti di assicurazione qualità, disegni, specifiche da allegare all'ordine, certificazioni e marcature CE, omologazioni, etc.

Il responsabile degli acquisti verifica gli ordini prima dell'emissione controllandone la completezza e correttezza e, ad esito favorevole, lo invia al fornitore.

Tutti gli ordini, verbali e scritti, sono registrati sul sistema informatico gestionale, per verificarne l'evasione ed eventualmente per sollecitare il fornitore.

Uno degli strumenti per assicurare la soddisfazione del Cliente è quello di analizzare le informazioni di ritorno dal Cliente con processi idonei ad individuare le necessarie azioni correttive/preventive per rispondere alle aspettative del Cliente stesso con un prodotto/ servizio percepito come "di qualità".

La soddisfazione del cliente nei confronti del prodotto o del servizio fornito dall'azienda viene monitorato, periodicamente, attraverso l'analisi dei reclami del cliente.

E' attivo anche un sistema di valutazione diretta, a cura del commerciale, attraverso l'utilizzo di un questionario compilato mediante interviste dirette o inviato al cliente stesso.

I dati risultanti da questa indagine vengono elaborati dagli acquisti e presentati in sede di riesame del comitato di direzione per consentire lo sviluppo delle necessarie azioni correttive o preventive.

L'eventualità di collaborare con il cliente quando una non conformità coinvolga prodotti trattati da Sparco, si configura come assistenza allo stesso.

L'assistenza post-vendita al cliente è rappresentata dal servizio tecnico che la Sparco garantisce a fronte di richieste di collaborazione mirate a soddisfare esigenze specifiche o contingenti dello stesso. A questo scopo vengono realizzate quelle che si definiscono verifiche interne.

Gli scopi che si prefiggono le verifiche sono:

- a) La verifica della conformità del Sistema di Gestione per la Qualità alla norma UNI EN ISO 9001: 2000;
- b) La verifica che il Sistema di Gestione per la Qualità è stato efficacemente attuato ed aggiornato;
- c) La comprensione della politica per la Qualità;
- d) Il raggiungimento degli obiettivi di Qualità;
- e) L'applicazione ed efficacia di procedure, istruzioni, regole aziendali stabilite per raggiungere gli obiettivi prefissati;
- f) La completa e corretta applicazione dei provvedimenti stabiliti dai piani di miglioramento annuale;
- g) L'identificazione di necessità di formazione del personale;
- h) Lo stato di avanzamento nell'attuazione di precedenti azioni correttive e preventive e della loro efficacia.

Le verifiche ispettive vengono programmate dagli acquisti ed aggiornate secondo l'avanzamento delle attività e le conseguenti possibili necessità contingenti dall'azienda. Il Valutatore prepara la verifica utilizzando come riferimento i documenti del SGQ applicabili, le non conformità e i Reclami che coinvolgono l'area da valutare.

Il Valutatore incaricato della verifica non ha mansioni o coinvolgimenti diretti nell'area esaminata. Le verifiche ispettive possono essere condotte anche da Valutatori esterni in possesso dei requisiti indicati.

Nella eventualità di azioni correttive conseguenti ad una verifica, sono pianificate, con i responsabili coinvolti, delle verifiche di attuazione e analisi dell'efficacia, prima della formale chiusura. Tale attività può essere condotta in apposite verifiche ispettive addizionali a quelle programmate.

Chiunque all'interno dell'azienda è responsabile di identificare e segnalare le anomalie e le non conformità riscontrate sui materiali o sui prodotti, oppure a seguito di reclamo Cliente sul prodotto.

In conformità con la procedura per la “Gestione del materiale non conforme”, i prodotti devono essere separati dal normale flusso, per quanto applicabile, e collocati in apposite aree delimitate in attesa del successivo trattamento.

Il settore degli acquisti provvede a valutare la gravità delle non conformità segnalate ed a coinvolgere le funzioni aziendali interessate per individuare le azioni da intraprendere per la rimozione della non conformità stessa.

Se la non conformità è riscontrata sul prodotto approvvigionato, la registrazione avviene sulle osservazioni di collaudo inoltrate ai fornitori.

La risoluzione prevista è la restituzione al fornitore della merce, salvo concessione di deroga da parte degli acquisti, la separazione (o segregazione) momentanea è regolata dalla criticità delle difettosità riscontrate.

Le registrazioni delle non conformità e dei reclami sono archiviate dagli acquisti che ne valuta anche le date di chiusura previste e ne programma le visite di controllo chiusura.

Inoltre il settore acquisti effettua la verifica dell’attuazione della risoluzione, la verifica della conformità del prodotto o servizio e la chiusura della non conformità, registrando i risultati.

In seguito all’analisi delle cause di non conformità, per non conformità particolarmente gravi o ricorrenti possono essere richiesti alle funzioni aziendali interessate di intraprendere un’azione correttiva mirata ad eliminare alla fonte la causa di non conformità per evitare che queste si ripresentino, così come descritto dalla procedura.

Il cliente deve essere informato nel caso di non conformità riscontrate sul prodotto o servizio anche dopo la sua consegna.

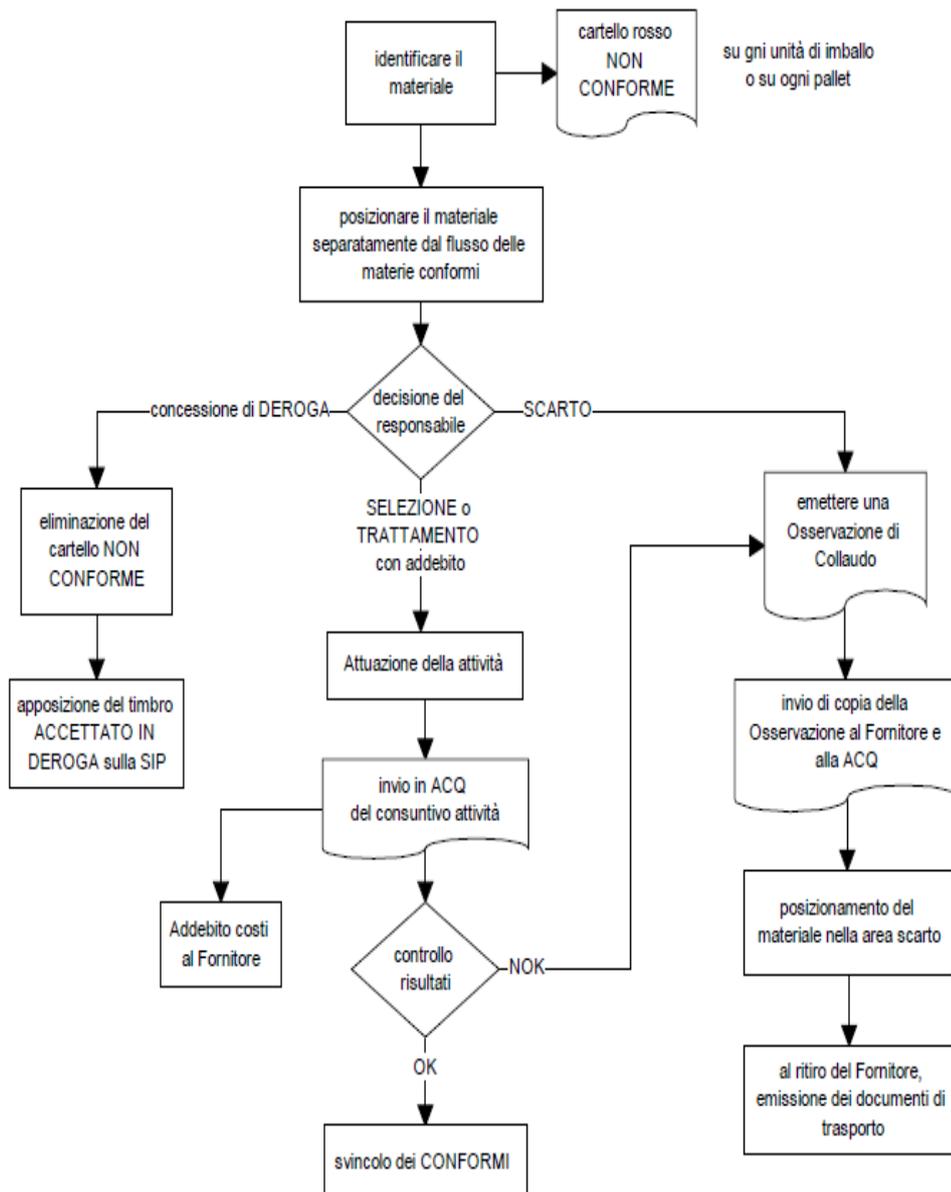


Figura 5-7. Schema della procedura per non conformità rilevate in accettazione arrivi

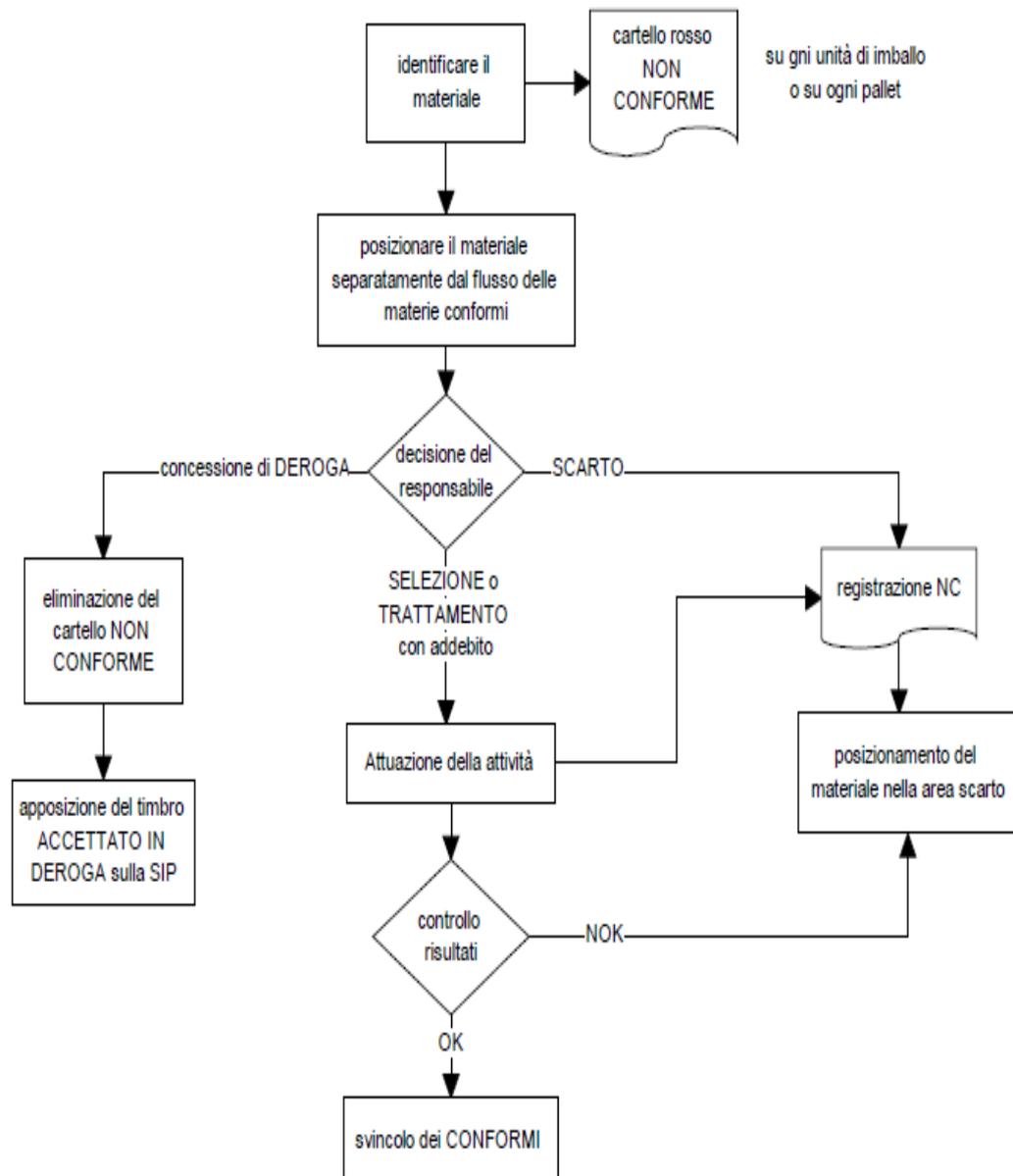


Figura 5-8. Schema della procedura per non conformità sul prodotto durante il processo produttivo

Di seguito verrà affrontato il percorso di analisi e risoluzione di una problematica riguardante uno dei prodotti di punta dell'azienda.

5.5.2. TV130

Il TV130 è uno dei tessuti maggiormente utilizzati in Sparco in quanto presenta un aspetto particolarmente lucente e dall'estetica apprezzabile.

Il tessuto in questione è costituito da una fibra aramidica 100% Nomex® di armatura diagonale (definita anche a spina) con una media di 25 fili in ordito e 30 fili in trama con dei titoli rispettivamente di dTex 220/100 in ordito e 100/2 NM (Numerico Metrico) dove i filati esprimono le titolazioni per un filato a due capi.

La particolare struttura di questo tessuto, oltre ad un fattore estetico, si riflette in una leggerezza pregevole ma il rovescio della medaglia esamina una tendenza a stramare in corrispondenza di cuciture di unione se sottoposto a normali sforzi di trazione.

La problematica in questione si è rivelata in corrispondenza della produzione di tute per uno dei più noti team di Formula 1 seguiti dall'azienda: McLaren



Figura 5-9. Difettosità su tute fornite a Prodrive Motorsport - mod.R557 PRIME+

Il tessuto, realizzato sul prodotto top di gamma tra le proposte dell'azienda, era stato infatti trattato esattamente come gli altri tessuti ma nel caso specifico tendevano a cedere e a sfilacciare esattamente in corrispondenza della cucitura.

ORDINE	PILOTA/NAVIGATORE	MODELLO	COLORE	CODICE	BATCH
86****	N**I/R**A	PRIME R557	ROSSO	MT0100021RS	DDT422 del 260620
86****	D****L/E****A	PRIMER557	ROSSO	MT0100021RS	DDT422 del 260620

Tabella 5-5. Analisi delle difettosità su tute fornite a Prodrive Motorsport - mod.R557 PRIME+

A seguito della problematica emersa sulle tute in oggetto, l'azienda ha deciso di procedere con un controllo comparativo tra la partita utilizzata per questa fornitura (il rosso), contro un altro colore (l'azzurro) che fosse significativo per la quantità di tute prodotte in un anno (circa 100 tute, ovvero 300 mt) al fine di iniziare a valutare la fonte della problematica prima ancora di avere la possibilità di visionare dal vivo il prodotto.

La normativa che è stata adottata nel caso specifico è stata la UNI EN ISO 13936-2 (riguardante lo scorrimento dei fili in corrispondenza delle cuciture) che non è relativa ad uno standard FIA ma che è considerabile come un metodo di valutazione qualitativa ai fini della prevenzione di problematiche simili.

Come già approfondito precedentemente, la prova ha lo scopo di valutare la resistenza allo scorrimento dei fili paralleli alle cuciture in condizioni normalizzate di cucitura la valutazione della quale avviene misurando lo scorrimento o l'apertura della cucitura a seguito di trazione applicando una determinata forza in corrispondenza dell'unione.

La forza applicata in condizioni normalizzate è di 60 N per tessuti di abbigliamento con massa areica minore di 220 g/m² di 120 N per tessuti di abbigliamento con massa areica di 220 g/m².

CODICE TESSUTO	BATCH PRODUTTIVO	UNI EN ISO 15025	MASSA AREICA g/m2
MT0100021RS	DDT442-260620	ESITO POSITIVO	119
MT0100021RS	DDT450-140720	ESITO POSITIVO	120

Tabella 5-6. Controlli effettuati in accettazione su partite di tessuto TV130 in comparazione

Dalle prove di trazione, realizzate su provini cuciti con filo cucirino tex 80 e sorgettati con filo tex 40 e con singola ribattitura con cucitura lineare e rimesso come consueto di 1,2 cm, risulta che il provino realizzato con il tessuto azzurro tende a resistere maggiormente del tessuto rosso sebbene in entrambi i casi l'apertura risulti maggiore del limite prestabilito e perciò l'esito della prova venga definito negativo.

La prima modifica alla quale si fa riferimento, si è rivelata vincente in quanto realizzato un provino in condizioni di cucitura normalizzate con un rimesso di cucitura aumentato rispetto alla precedente casistica e di 20 cm, con una doppia ribattitura realizzata con cucitura lineare con filo tex 80 e sorfilatura realizzata con filo tex 40. I provini sottoposti alla prova di trazione hanno presentato aperture persino minori dei 3 mm e perciò annoverati con esito positivo.

A seguito dell'analisi realizzata si è riusciti ad evincere che la natura della problematica in questione non fosse tanto riguardante un demerito della materia prima e, dunque, del fornitore quanto invece un problema di processo in quanto, per le sue caratteristiche, necessitasse di un trattamento differente, in termini di confezione, rispetto ai tessuti alternativi utilizzati in fase di produzione.

A seguito della ricezione della tuta è stata poi effettuata un'attenta analisi scucendo le zone critiche così da verificare l'omogeneità del rimesso di cucitura (minimo di 1,2 cm), eventuali irregolarità del tagliato che possano causare eventuale sfilacciamento e conformità del cucirino utilizzato. Nel caso in cui tutte le caratteristiche risultassero conformi agli standard aspettati, l'azienda si sarebbe prodigata in una fedele riproduzione della cucitura ai fini di sottoporla ai test secondo la norma di trazione prevista a regolamento FIA comprendendo il compound completo.

Visionando la tuta e misurandone il rimesso di cucitura si è nuovamente stabilito che la causa di questo sfilacciamento fosse dovuta all'utilizzo di un tessuto che necessitasse di un trattamento cautelativo al fine di minimizzare il rischio di sfilacciamento realizzando un rimesso di cucitura del valore di 12-15 mm e realizzando la cucitura con una doppia ribattitura.

Si è inoltre osservata una sottile differenza tra il comportamento del tessuto al variare del colore (criterio già affrontato nei capitoli precedenti). Nel caso specifico, l'azzurro McLaren non ha sofferto di tale problema pur dimostrando i medesimi risultati durante i test effettuati internamente.

In sintesi le azioni correttive che sono state adottate dall'azienda sono state:

- a) Aumento del rimesso di cucitura e introduzione di una seconda ribattitura a pedina anziché una singola ribattitura;
- b) Introduzione di test di controllo in accettazione dei tessuti in conformità con la UNI EN ISO 13936-2.
- c) Identificando l'episodio come Lesson Learned è stata aggiornata la lista di requisiti interni sulle materie prime in fase di sviluppo di nuovi materiali e successivamente in fase di collaudo durante l'accettazione del materiale in arrivo dal magazzino;

Ai fini del controllo qualitativo delle materie prime è stato redatto dunque un documento che definisse le procedure standard da seguire in fase di accettazione del materiale così strutturato:

1. *Ordini d'acquisto*: il fornitore riceve da Sparco un ordine per il tessuto che riporti codice e descrizione del tessuto ordinato, quantità, colore espresso con il codice dell'azienda, costo e data di consegna. Il fornitore è tenuto a dare conferma entro cinque giorni lavorativi dalla ricezione dell'ordine confermando la data di consegna o proponendo una data alternativa, ed è inoltre tenuto a segnalare tempestivamente qualunque problema si verifichi nella produzione del tessuto e che potrebbe compromettere la ricezione della merce alla data di consegna concordata;
2. *Termini di consegna e ritardi*: a seguito della conferma dell'ordine, il Fornitore, si impegna a consegnare la merce alla data concordata. Previo preavviso, è consentita una tolleranza di 5 giorni lavorativi (una settimana di calendario) dalla data di consegna confermata senza che siano applicate penali. Sono stabilite determinate penali per ritardi sulle consegne;
3. *Schede tecniche*: Per tutti gli articoli, il Fornitore dovrà fornire una Scheda Tecnica dettagliata, compilando il modello standard o inviando una propria scheda pre-esistente. Il Fornitore, inoltre, dovrà sempre segnalare preventivamente eventuali cambiamenti o modifiche nelle subforniture o nel processo produttivo rispetto a quanto indicato sulla scheda tecnica;
4. *Bolle di accompagnamento e imballi*: le pezze devono essere consegnate arrotolate, salvo diversa indicazione, in tutta altezza su tubo di cartone con il diritto all'interno e conservate tramite un imballo in nylon nero. Ciascuna pezza dovrà avere un peso massimo di 25 kg e le eventuali segnalazioni di difetti sulla pezza devono essere riportati sulla bolla di accompagnamento (o alla bolla deve essere allegato un report di qualità) e segnalati in cimossa.

La bolla dovrà perciò riportare: numero di pezze, quantità consegnata, colore e qualità di ogni pezza e codice identificativo dell'azienda;
5. *Colore*: Per ogni tessuto e per ciascuna variante colore dovrà essere approvato un master di riferimento, si stabilisce come standard colore il

primo bagno di produzione approvato. Per tessuti già esistenti precedentemente all'approvazione di questa procedura, sarà concordato il master di riferimento e comunicato al fornitore;

6. *Controllo qualitativo*: Tutte le pezze consegnate saranno controllate interamente da Sparco entro tre settimane di calendario a partire dal giorno della consegna. Saranno effettuati i seguenti controlli: peso al metro quadrato, altezza e lunghezza della pezza, aspetto e mano, conformità del colore (controllo visivo alla luce solare e alla specula) e variazione centro - cimossa e testa - coda;

7. *Tolleranze ammesse*: unicamente per quanto riguarda i tessuti a navetta, considerata la lunghezza delle pezze sono considerate accettabili le pezze nelle seguenti tolleranze rispetto a quanto riportato nella bolla di accompagnamento
 - ± 2 % per quantità > 1.000 mt;
 - ± 5 % per quantità da 300 a 1.000 mt;

Per piccoli lotti, eventuali variazioni devono essere preventivamente comunicate.

Considerata l'altezza del tessuto si fa riferimento a quanto presente in Scheda Tecnica e a quanto riportato in bolla;

Considerato il peso al metro quadrato non sono accettate variazioni per quanto riguarda i tessuti ignifughi.

8. *Difettosità e segnalazione dei difetti*: per quanto riguarda la segnalazione dei difetti segue quanto illustrato in tabella

CATEGORIA	DIMENSIONE (cm)	SEGNALAZIONE CIMOSSA
LIEVE	<10	Verde
MEDIO	10<d<70	Giallo
GRAVE	>70	Rosso
CONTINUO	Nel senso dell'ordito	Blu

Tabella 5-7. Analisi e classificazione delle difettosità

Al controllo qualitativo scrupolosamente illustrato in precedenza segue, dunque, l'adempimento agli opportuni test di trazione previsti dalla procedura di controllo interno.

CONCLUSIONI

L'obiettivo dell'analisi prestazionale ad eventuali fini propositivi e migliorativi dell'azienda è stato raggiunto grazie alla competenza del personale stesso e grazie alla possibilità di effettuare approfondite analisi di laboratorio.

Il progetto non si prefiggeva l'obiettivo di un totale stravolgimento delle procedure di produzione di una tuta da racing, bensì di fornire un suggerimento in termini di guadagno estetico, performante e di lavorabilità del prodotto da parte degli operatori in questione.

Va tenuto conto del fatto che la tuta resta l'ultima barriera ai fattori di danneggiamento esterno ed in quanto tale risulta importante che venga compreso il concetto per cui il comfort e l'estetica interverranno sempre in seconda battuta rispetto alla performance prestazionale del prodotto ai fini dell'ottenimento dello standard FIA 8856:2018.

Sono, inoltre, state analizzate le possibili variabili che possono influire nelle prestazioni meccaniche del prodotto conferendo loro un'interpretazione tecnica e determinandone un peso nella valutazione complessiva del sistema.

Grazie al progetto è stato dunque possibile realizzare una caratterizzazione approfondita dei tessuti e delle stratificazioni in differente armatura applicandone un'analisi della confezione riguardante le proposte di più rilevante importanza per l'azienda per l'anno 2022. In ogni caso va considerato il rischio di proporre la possibilità di confezionare una tuta con un cucirino più sottile in quanto l'eventualità di un miglioramento va sempre analizzata in termini fortemente precauzionali ai fini della sicurezza del fruitore.

Lo studio serve in ogni caso a fornire un base orientativa di partenza finalizzata ad un approfondimento ai fini migliorativi della confezione del prodotto.

Per quanto riguarda l'aspetto qualitativo si è riusciti ad analizzare approfonditamente le tematiche ricorrenti nell'area della confezione valutandone l'importanza in relazione alle principali variabili considerate. L'approccio relativo

all'analisi prestazionale dei singoli confezionisti ha inoltre permesso di acquisire un'ottica più completa e critica in termini di dinamiche aziendali favorendo l'introduzione di eventuali ulteriori criteri di osservazione che potessero eventualmente risultare di utilità pratica per l'azienda nell'ottica di un approccio migliorativo. Grazie all'azienda stessa è dunque stata resa possibile la messa a punto di un sistema di organizzazione e valutazione delle prestazioni dei fornitori stabilendo dei parametri oggettivi e inclini all'introduzione di un atteggiamento propositivo da parte del Sistema Gestione Qualità.

APPENDICE A

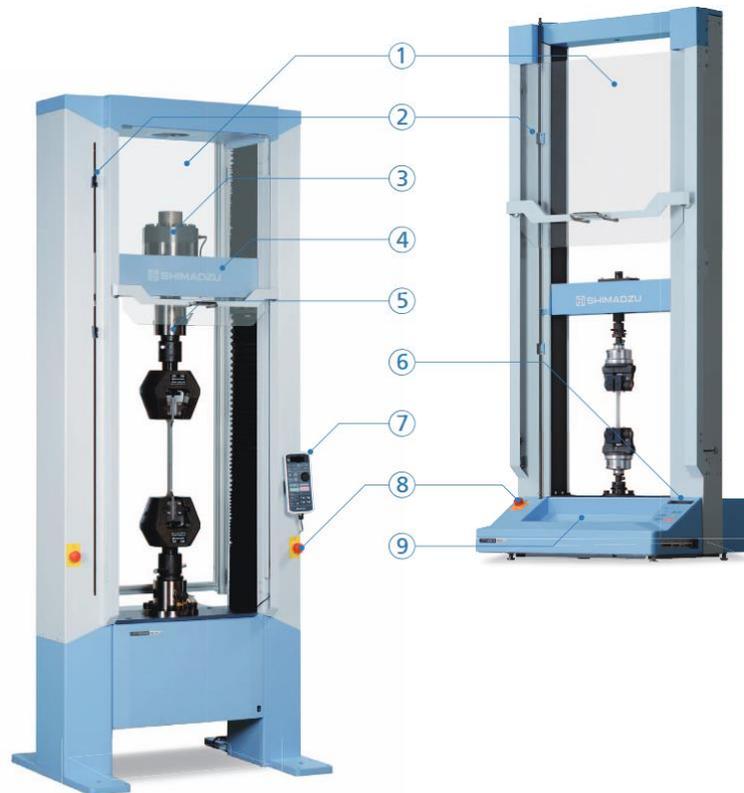
Il dinamometro utilizzato nelle prove di trazione è il dinamometro Shimadzu AGS-X. Il dinamometro AGS-X è una macchina di prova universale disegnata e progettata per venire incontro alle esigenze di test di laboratorio in vari settori industriali e accademici permettendo una facile ed efficace esecuzione di prove di trazione, compressione, flessione e peeling su materiali quali gomma, plastica, carta, tessuti e su semilavorati e prodotti finiti quali componenti meccanici e elettronici.



Di seguito vengono riportate le caratteristiche dello strumento:

- Capacità massima: 10 KN (1.000 Kg);
- Range di velocità: 0,001 ÷ 1.000 mm/min;
- Velocità ritorno traversa: fino a 1.500 mm/min;

- Risoluzione posizione traversa: 0,001 mm a mezzo encoder di tipo ottico;
- Distanza utile tra le colonne: 425 mm;



Nel complesso la struttura è composta da:

- 1) Protezione di sicurezza scorrevole, nel momento in cui questa è aperta una funzione provvede a bloccare il sistema in modo che le misure non possano essere avviate;
- 2) I limitatori di corsa consentono una semplice regolazione e un fermo bloccaggio delle posizioni di limite della corsa trasversale;

- 3) La cella di carico garantisce una precisione dello 0,5% del valore indicato. Il valore nominale della cella di carico viene memorizzata nel cavo di taratura e riconosciuto automaticamente quando il cavo è connesso;
- 4) Traversa: raggiunge una velocità di prova di 1.600 mm/min e una velocità di ritorno di 1.500 mm/min (telaio di 10 kN), riducendo significativamente il tempo necessario per effettuare prove ripetitive;
- 5) Giunto comune: fornisce un unico giunto sia per i test di trazione sia per i test di compressione. Questo rende più facile lo scambio di maschere. Inoltre, il giunto è impostato con un dado posto nella parte superiore della cella di carico, che consente il distacco sicuro del giunto sul tavolo;
- 6) Pannello di comando principale integrato (per telaio da 10 kN);
- 7) Il pannello di comando principale consente lo sviluppo e la memorizzazione delle condizioni di prova, consentendo il collaudo senza doversi collegare a un PC. Consente varie operazioni come l'apertura e la chiusura del pulsante per le manopole automatiche o l'estensimetro automatico. Il pannello operativo principale è mobile, consentendo una comoda regolazione dell'angolo;
- 8) Pulsante di interruzione di emergenza;
- 9) Desktop frame;

Per quanto riguarda i morsetti di afferraggio utilizzati nello specifico contesto delle prove in esame si tratta di morsetti in metallo nei quali la superficie di afferraggio risulta essere rivestita da uno strato in gomma in modo tale da garantire un maggiore attrito che scongiuri lo scivolamento dei provini nel contesto di una prova di trazione.

In particolare:

Screw-Type Flat Grips <SCG>

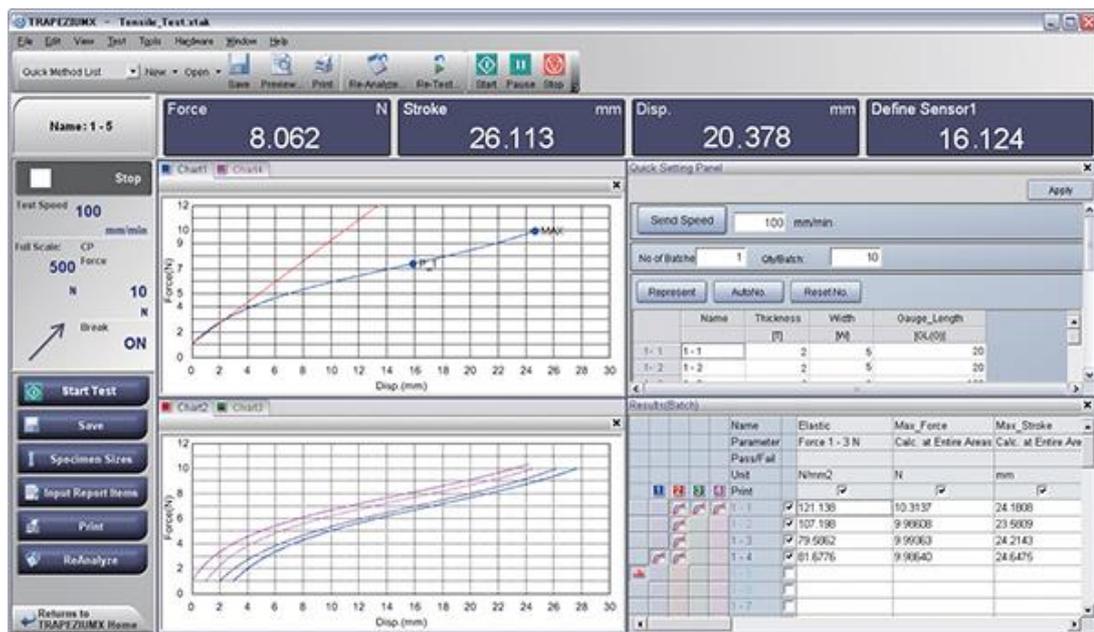
Plastics Rubber Textiles Cloth Paper

Grip capacity	Standard grip face				Upper grip weight (kg)
	Grip face	Clearance (mm)	Grip width (mm)	Grip length (mm)	
5 kN	File teeth	0 to 16	60	50	2
1 kN		0 to 15	50	30	0.7
50 N	Flat	0 to 14	35	25	0.3

I morsetti in questione prendono il nome di TH154 e le condizioni di utilizzo prevedono:

- La possibilità di raggiungere forze di 10kN (per specifici modelli anche 20kN);
- Temperatura di utilizzo 0°C-180°C (nei modelli più complessi si raggiungono anche temperature di 350°C);
- Composizione in Al anodizzato (ovvero un trattamento elettrochimico che permette alla superficie del materiale di ricoprirsi di ossido rendendola così maggiormente resistente agli agenti esterni fornendo lui migliori proprietà tribologiche);

Il software di elaborazione dei dati è Trapezium, nel complesso le informazioni fornite dal software si presentano come segue:



Il dinamometro AGS-X utilizza un software di nuova generazione, il TRAPEZIUM LITE X, caratterizzato da grande facilità d'utilizzo e da innumerevoli funzioni operative. Una raffinata interfaccia, facile ed intuitiva, permette di selezionare il metodo di prova, inoltre il "Quick List Method" permette di rintracciare rapidamente ed utilizzare subito i metodi di test di più frequente utilizzo.

APPENDICE B

Vengono di seguito riportate le schede tecniche dei tessuti citati.

Tessuto 8777

Kind of Yarn	
warp	100% Nomex
weft	100% Nomex
Yamcount (DIN EN ISO 2060)	
warp	Nm 100/2
weft	Nm 50/1
Weave (DIN ISO 9354)	twill 3/1
Density of Threads (DIN EN 1049-2)	
ends/10	425±10
picks/10	290±10
Total Mass(DIN EN 12127) [g/m²]	155±5
Width (DIN EN 1773) [cm]	160 useable width
Breaking Strenght (DIN EN ISO 13934-2)	
warp	> 1000
weft	> 600
Breaking Strenght Elongation (DIN EN ISO 13934-2)	
warp	> 30%
weft	> 20%
Tearing Strenght (DIN EN ISO 13937-2)	
warp	>25
weft	>25
Fabric finishing	piecedyed
Fabric colour	different colours
Colour fastness	
washig (DIN EN ISO 105-C06, 60 °C)	depends on the colour of the fabric
rubbing, dry (DIN EN ISO 105-X 12)	depends on the colour of the fabric
rubbing, wet (DIN EN ISO 105-X 12)	depends on the colour of the fabric
Dimensional change (DIN EN 25077; DIN EN ISO 6330, 2A; E) 5 Washes at 60 °C	
warp	± 3%
weft	± 3%
Flammability (DIN EN ISO 15025) Method A - Surface ignition (ignition time 10 sec)	
afterburn	≤ 2
afterglow	≤ 2
hole	no
melting	no

Tessuto **TV608**

Kind of Yarn	
warp	100% Nomex
weft	100% Nomex
Yamcount (DIN EN ISO 2060)	
warp	Ne 80/2
weft	Ne 80/2
Weave (DIN ISO 9354)	Plain Weave
Density of Threads (DIN EN 1049-2)	
ends/10	380±10
picks/10	380±10
Total Mass(DIN EN 12127) [g/m²]	100±8
Width (DIN EN 1773) [cm]	155 useable width
Breaking Strenght (DIN EN ISO 13934-2)	
warp [N/5cm]	> 900
weft [N/5cm]	> 900
Breaking Strenght Elongation (DIN EN ISO 13934-2)	
warp	> 20%
weft	> 20%
Tearing Strenght (DIN EN ISO 13937-2)	
warp	>25
weft	>25
Fabric finishing	piecedyed
Fabric colour	different colours
Colour fastness	
washig (DIN EN ISO 105-C06, 60 °C)	depends on the colour of the fabric
rubbing, dry (DIN EN ISO 105-X 12)	depends on the colour of the fabric
rubbing, wet (DIN EN ISO 105-X 12)	depends on the colour of the fabric
Dimensional change (DIN EN 25077; DIN EN ISO 6330, 2A; E) 5 Washes at 60 °C	
warp	± 3%
weft	± 3%
Flammability (DIN EN ISO 15025) Method A - Surface ignition (ignition time 10 sec)	
afterburn	≤ 2
afterglow	≤ 2
hole	no
melting	no

Tessuto **Bianchina L2026**

Kind of yarn	
warp	100% Metafine
weft	100% Metafine
Fabric Construction	Double Raised
Density of Threads (DIN EN 1049-2)	
end/cm	-
picks/cm	-
Breaking Strength (DIN EN ISO 13934-1)	
warp [N/5cm]	-
weft [N/5cm]	-
Breaking Strength Elongation (DIN EN ISO13934-1)	
warp %	-
weft %	-
Tearing Strength (DIN EN ISO 13937-2)	
warp [N]	-
weft [N]	-
Total Mass [g/m ²]	230±5%
Yarncount	
warp	Nm 60/1
weft	Nm 60/1
Fabric Finishing	Cleaning bath
Fabric Colour	Raw or Requested
Colour Fastness	
washing (DIN EN ISO 105-C06, 60°C)	depends on the colour of the fabric
rubbing dry, (DIN EN ISO 105-X12)	depends on the colour of the fabric
rubbing wet, (DIN EN ISO 105-X12)	depends on the colour of the fabric
Dimensional Change	
(DIN EN 25077 DIN EN ISO 6330, 2A; E)	
5 washes at 60°C	
warp	3% max
weft	3% max
Flammability (DIN EN ISO 15025)	
Method A - Surface Ignition (Ignition time 10 sec.)	
afterburn [sec]	≤ 2
afterglow [sec]	≤ 2
hole	no
melting	no

Tessuto **Honeycomb H220**

Kind of yarn	
warp	95% Meta-Aramid 5% Para-Aramid
weft	95% Meta-Aramid 5% Para-Aramid
Fabric Construction	Interlaced Multilayer
Density of Threads (DIN EN 1049-2)	
end/cm	-
picks/cm	-
Breaking Strength (DIN EN ISO 13934-1)	
warp [N/5cm]	-
weft [N/5cm]	-
Breaking Strength Elongation (DIN EN ISO13934-1)	
warp %	-
weft %	-
Tearing Strength (DIN EN ISO 13937-2)	
warp [N]	-
weft [N]	-
Total Mass [g/m ²]	232±5%
Yarncount	
warp	-
weft	-
Fabric Finishing	Cleaning bath
Fabric Colour	Raw
Colour Fastness	
washing (DIN EN ISO 105-C06, 60°C)	depends on the colour of the fabric
rubbing dry, (DIN EN ISO 105-X12)	depends on the colour of the fabric
rubbing wet, (DIN EN ISO 105-X12)	depends on the colour of the fabric
Dimensional Change (DIN EN 25077 DIN EN ISO 6330, 2A; E) 5 washes at 60°C	
warp	3% max
weft	3% max
Flammability (DIN EN ISO 15025)	
Method A - Surface Ignition (Ignition time 10 sec.)	
afterburn [sec]	≤ 2
afterglow [sec]	≤ 2
hole	no
melting	no

Tessuto **Hocotex®**

Kind of yarn	
warp	100% Meta-Aramid
weft	100% Meta-Aramid
Fabric Construction	Interlaced Multilayer
Yarncount	
First Plain Weave	
warp	Nm 100/2
weft	Nm 100/1
Yarncount	
Honeycomb Layer	
warp	Nm 80/1
weft	Nm 80/1
Yarncount	
Second Plain Weave	
warp	Nm 80/1
weft	Nm 80/1
Yarncount	
Third Plain Weave	
warp	Nm 80/1
weft	Nm 80/1
Total Mass [g/m ²]	300±5%
Fabric Finishing	Cleaning bath
Fabric Colour	Raw or Requested
Colour Fastness	
washing (DIN EN ISO 105-C06, 60°C)	depends on the colour of the fabric
rubbing dry, (DIN EN ISO 105-X12)	depends on the colour of the fabric
rubbing wet, (DIN EN ISO 105-X12)	depends on the colour of the fabric
Dimensional Change	
(DIN EN 25077 DIN EN ISO 6330, 2A; E)	
5 washes at 60°C	
warp	3% max
weft	3% max
Flammability (DIN EN ISO 15025)	
Method A - Surface Ignition (Ignition time 10 sec.)	
afterburn [sec]	≤ 2
afterglow [sec]	≤ 2
hole	no
melting	no

Tessuto **Punto Milano**

Kind of yarn	
warp	95% Meta-Aramid 5% Para-Aramid
weft	95% Meta-Aramid 5% Para-Aramid
Fabric Construction	Jersey
Density of Threads (DIN EN 1049-2)	
end/cm	-
picks/cm	-
Breaking Strength (DIN EN ISO 13934-1)	
warp [N/5cm]	-
weft [N/5cm]	-
Breaking Strength Elongation (DIN EN ISO13934-1)	
warp %	-
weft %	-
Tearing Strength (DIN EN ISO 13937-2)	
warp [N]	-
weft [N]	-
Total Mass [g/m ²]	190±5%
Yarncount	
warp	Nm 1/60000
weft	Nm 1/60000
Fabric Finishing	Cleaning bath
Fabric Colour	Raw or Requested
Colour Fastness	
washing (DIN EN ISO 105-C06, 60°C)	depends on the colour of the fabric
rubbing dry, (DIN EN ISO 105-X12)	depends on the colour of the fabric
rubbing wet, (DIN EN ISO 105-X12)	depends on the colour of the fabric
Dimensional Change	
(DIN EN 25077 DIN EN ISO 6330, 2A; E)	
5 washes at 60°C	
warp	3% max
weft	3% max
Flammability (DIN EN ISO 15025)	
Method A - Surface Ignition	
(Ignition time 10 sec.)	
afterburn [sec]	≤ 2
afterglow [sec]	≤ 2
hole	no
melting	no

Tessuto **Tarsp 180**

Kind of yarn	
warp	100% Meta-Aramid
weft	100% Meta-Aramid
Fabric Construction	Twill 2/1
Density of Threads (DIN EN 1049-2)	
end/cm	31±1
picks/cm	21±1
Breaking Strength (DIN EN ISO 13934-1)	
warp [N/5cm]	>1000
weft [N/5cm]	>600
Breaking Strength Elongation (DIN EN ISO13934-1)	
warp %	>30
weft %	>20
Tearing Strength (DIN EN ISO 13937-2)	
warp [N]	>30
weft [N]	>30
Total Mass [g/m ²]	180±5%
Yarncount	
warp	Nm 60/2
weft	Nm 60/2
Fabric Finishing	Cleaning bath
Fabric Colour	Raw or Requested
Colour Fastness	
washing (DIN EN ISO 105-C06, 60°C)	depends on the colour of the fabric
rubbing dry, (DIN EN ISO 105-X12)	depends on the colour of the fabric
rubbing wet, (DIN EN ISO 105-X12)	depends on the colour of the fabric
Dimensional Change (DIN EN 25077 DIN EN ISO 6330, 2A; E) 5 washes at 60°C	
warp	3% max
weft	3% max
Flammability (DIN EN ISO 15025)	
Method A - Surface Ignition (Ignition time 10 sec.)	
afterburn [sec]	≤ 2
afterglow [sec]	≤ 2
hole	no
melting	no

BIBLIOGRAFIA

1. UI EN ISO 13688:2013, Indumenti di protezione - Requisiti generali.
2. Fédération Internationale de l'Automobile. 2021 Formula 1 Technical Regulations. [www.fia.com](https://www.fia.com/sites/default/files/2021_formula_1_technical_regulations)
https://www.fia.com/sites/default/files/2021_formula_1_technical_regulations (2020).
3. Fédération Internationale de l'Automobile. FIA Sport / Safety Department, FIA Homologation regulations for safety equipment. [www.fia.com](https://www.fia.com/homologations)
<https://www.fia.com/homologations>.
4. S. Di Fronso *et al.* *Tutti in pista! Psicologia, fisiologia e neuroscienze nell'automobilismo sportivo*.
5. Il pilota, un atleta a 360°: la richiesta fisiologica, fisica e mentale della corsa automobilistica. (Università di Pisa, 2015).
6. A. Ferri & F. Dotti. *Valutazione delle condizioni ambientali idonee allo studio del comfort termo-fisiologico di abbigliamento da pilota 'Racing'*. (2018).
7. FIA. FIA Standard 8856-2018, Protective Clothing For Automobile Drivers, Fédération Internationale De L'automobile.
8. FIA. FIA Standard, 8856-2000, Protective Clothing For Automobile Drivers, Fédération Internationale De L'Automobile.
9. International Organization for Standardization. UNI EN ISO 9151:2017, Indumenti di protezione contro il calore e le fiamme - Determinazione della trasmissione di calore mediante esposizione ad una fiamma.
10. International Organization for Standardization. UNI EN ISO 15025:2017, Indumenti di protezione - Protezione contro la fiamma - Metodo di prova per la propagazione limitata della fiamma.
11. International Organization for Standardization. UNI EN ISO 15025:2003, Indumenti di protezione: Protezione contro il calore e la fiamma. Metodo di prove per la propagazione limitata della fiamma.

12. Milan Chiara. Progettazione di una tuta da pilota come DPI. (Politecnico di Torino, 2017).
13. International Organization for Standardization. UNI EN ISO 13935-2:2014, Tessili - Proprietà a trazione delle cuciture dei tessuti e degli articoli tessili selezionati - Parte 2: Determinazione della forza massima di rottura delle cuciture con il metodo Grab.
14. SFI. SFI Specification 3.2A, Product: Driver Suit, Quality Assurance Specification, SFI Foundation Inc.
15. A.R. Horrocks. S. C. Handbook of Technical Textiles. in *S.C. Handbook of Technical Textiles* vol. Chapter 2-Technical fibres, Mohsen Miraftab, Department of textiles, Faculty of Technology, Bolton Institute, Deane Road, Bolton BL3 5AB, UK (Woodhead Publishing, 2016).
16. A.R. Horrocks. S.C. Handbook of Technical Textiles. in *S.C. Handbook of Technical Textiles* vol. Chapter 10-Heat and Flame protection, Pushpa Bajaj, Department of Textile Technology, Indian Institute of Technology, Hauz Khas, New Dehli-110016, India (Woodhead Publishing, 2016).
17. Dupont. Nomex fiber: technical guide. *DuPont* [https://www.dupont.com/content/dam/dupont/amer/us/en/personal-protection/public/documents/en/Nomex\(R\)%20Fiber%20Technical%20Guide.pdf](https://www.dupont.com/content/dam/dupont/amer/us/en/personal-protection/public/documents/en/Nomex(R)%20Fiber%20Technical%20Guide.pdf).
18. Ispettorato per la Formazione Professionale. Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, Attrezzature di Protezione Individuale dei Vigili del Fuoco.
19. A.R. Horrocks. S. C. Handbook of Technical Textiles. in *S. C. Handbook of Technical Textiles* vol. Chapter 6-Technical fibres structures-3. Nonwoven Fabrics, Philip A. Smith, Department of Textile Industries, University of Leeds, LS2 9JT, UK (Woodhead Publishing, 2016).
20. Ing. C. Corazza, PhD. Caratterizzazione Meccanica dei Tessuti Tecnici per Serigrafia: Prove Sperimentali e Analisi Numeriche. (Politecnico di Milano, 2006).
21. A.R. Horrocks. S.C. Handbook of Technical Textiles. in *S.C. Handbook of Technical Textiles* vol. Chapter 4-Technical fabric structures-1. Woven fabrics, Walter S. Sondhelm 10 Bowlacre Road, Hyde, Cheshire SK 14 5ES, UK (Woodhead Publishing, 2016).
22. A.R. Horrocks. S.C. Handbook of Technical Textiles. in *S.C. Handbook of Technical Textiles* vol. Chapter 5-Technical fabric structures-2. Knitted fabrics, Subhash C. Anand, Faculty of Technology, Bolton Institute, Deane Road, Bolton BL3 5AB, UK (Woodhead Publishing, 2016).
23. A.R. Horrocks. S.C. Handbook of Technical Textiles. in *S.C. Handbook of Technical Textiles* vol. Chapter 17-Textiles for survival Par. 17.3.2. High Temperatures and associated hazards, D.A. Holmes, Faculty of Technology, department of Textiles, Bolton Institute, Deane Road, Bolton BL3 5AB, UK (Woodhead Publishing, 2016).

24. Associazione Italiana Chimica Tessile e Coloristica. Materiali tessili antifiamma: Stato dell'Arte, Innovazione, Sostenibilità. in (2012).
25. L. Guatri, S. Vicari, & R. Fiocca. *Marketing*. (McGraw-Hill Companies, 1999).
26. C. Freeman & C. Perez. *Structural Crises of Adjustment, Business Cycles and Investment Behaviour*.
27. Sparco. Manuale del Sistema di Gestione Qualità. (2018).
28. R A Scott. *Textiles for Protection*. (Cambridge Woodhead Publishing Limited, 2005).
29. International Organization for Standardization. ISO 6330:2012 Procedimenti di lavaggio e asciugatura domestici per prove tessili. (2012).
30. International Organization for Standardization. UNI EN ISO 13936-2:2004, Tessili - Determinazione della resistenza allo scorrimento dei fili in corrispondenza della cucitura nei tessuti ortogonali - Parte 2: Metodo del carico fisso.
31. K. Farhana, M. Syduzzaman, & D. Yeasmin. Comparison of Seam Strength between Dyed and Un-dyed Gabardine - Apparels: A Research on Lapped and Superimposed Seam. *Journal of Textile Science & Engineering*.
32. International Organization for Standardization. UNI EN ISO 2062:2010, Tessili - Fili da confezioni - Determinazione della forza di rottura e allungamento alla rottura dei singoli fili mediante un dinamometro ad incremento costante di allungamento (CRE).
33. A. Frache & G. Camino. *Degradazione, stabilizzazione e ritardo alla fiamma di polimeri*. (Edizioni Nuova Cultura, 2012).
34. Nguyen Vu & Stephen Michielsen. Near room temperature dyeing of m-aramid fabrics. *Near room temperature dyeing of m-aramid fabrics* p.48190-n/a (2019).
35. Xin Chen *et al.* Improved Dyeing of Meta-aramid Based on Particle Flow Dyeing Mechanism Using Hot-pressing Dyeing Method. **Fibers and polymers**, Pages 2842-2847 (2020).
36. Mohammad Tajul Islama, Francesco Aimone, Ada Ferri, & Giorgio Rovero. Use of N-methylformanilide as swelling agent for meta-aramid fibers dyeing: Kinetics and equilibrium adsorption of Basic Blue 41. *Dyes and Pigments* Pages 554-561 (2014).
37. P. Di Girolamo. *Titolazione di filati pesi produzioni nel Sistema Moda*. (2010).
38. A. Ferri, F. Dotti, & A. Fior. *Valutazione della permeabilità all'aria di tessuti accoppiati*.

39. Francesco Aimone. Carrier assisted dyeing of m-aramid fibers. (Politecnico di Torino, 2021).
40. M. Verneti. La Qualità in Italia tra Certificazione e Competitività. (Università di Pisa, 2013).
41. A. Collina. Analisi e Progettazione dei processi aziendali per la Certificazione del Sistema Gestione Qualità. (Università di Bologna, 2010).
42. International Organization for Standardization. UNI EN ISO 9001:2015. Sistemi di Gestione per la Qualità - Requisiti.
43. International Organization for Standardization. IATF 16949:2016, Requisiti per il sistema di gestione per la qualità per la produzione di serie e della parti di ricambio nell'automotive.
44. J. G. Suárez. *Three Experts on Quality Management: P. B. Crosby, W. E. Deming, J. M. Juran.* (Department of the Navy Office of the Under Secretary of the Navy Total Quality Leadership Office).
45. Vinod R. Singhal & Kevin B. Hendricks. The Impact of Total Quality Management (TQM) on Financial Performance: Evidence from Quality Award Winners. (2000).
46. I. Scalabrin. La Qualità: dalla sua definizione fino alla normazione. (Università degli studi di Padova, 2016).