



πάντα ρεῖ

[pánta rhêi]

Una valutazione emozionale e strutturale
dell'invecchiamento di materiali polimerici

Relatore

Prof.ssa Marinella Levi

Correlatori:

Francesca Ostuzzi
Prof.ssa Valentina Rognoli
Prof. Francesco Trabucco

Laureando:

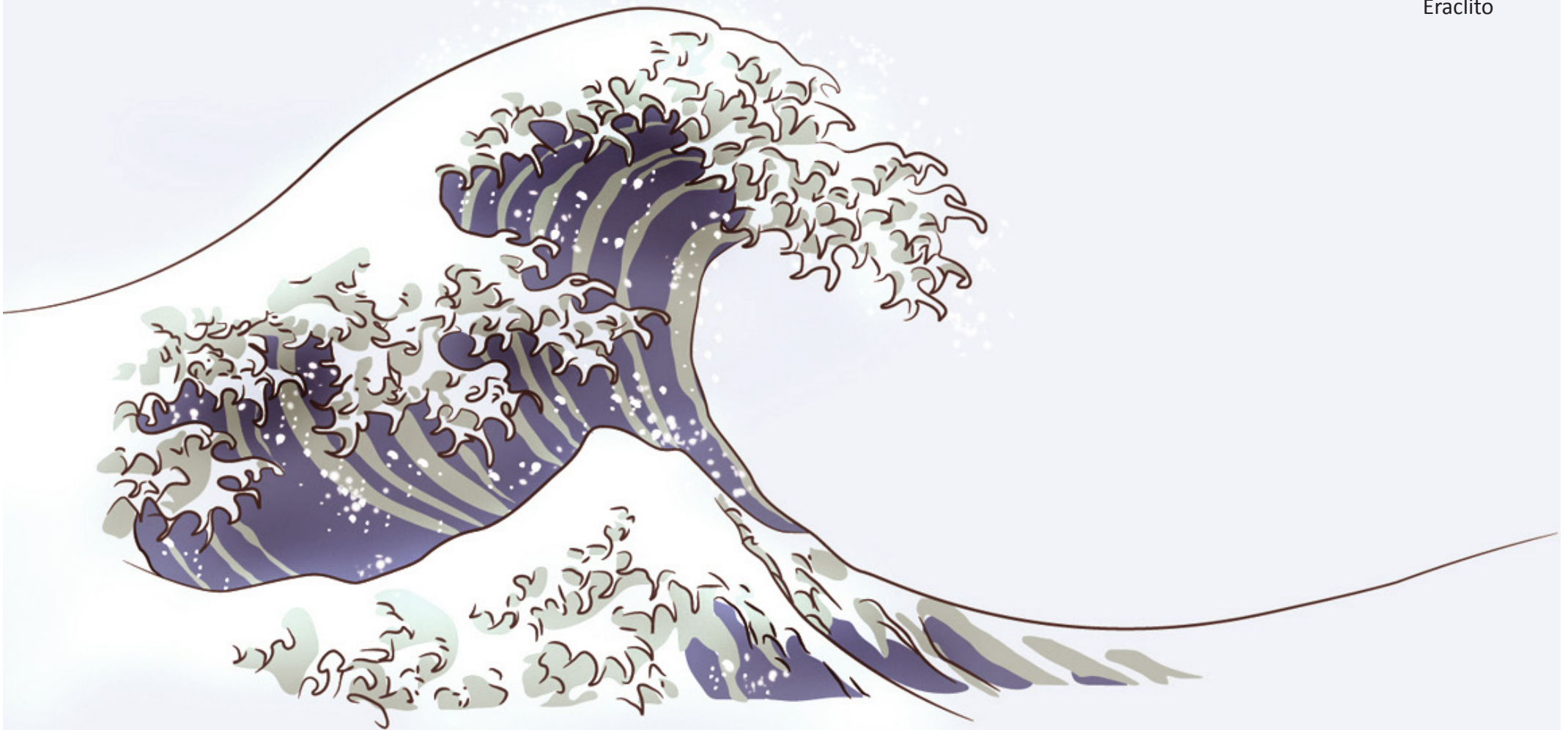
Giulia Pisani
matricola 764185

πάντα ρεῖ ὡς ποταμός

[tutto scorre come un fiume]

*“Non si può discendere due volte nel medesimo fiume
e non si può toccare due volte una sostanza mortale nel medesimo stato,
ma a causa dell'impetuosità e della velocità del mutamento
essa si disperde e si raccoglie,
viene e va.”*

Eraclito



INDICE

8...	INDICE IMMAGINI
10...	INDICE TABELLE
14...	INDICE GRAFICI
21...	ABSTRACT (ITA/ENG)
23...	1. IL CONTESTO
23...	1.1 Design e consumo
24...	1.2 Un mondo in crisi
25...	1.3 Lo sviluppo (in)sostenibile
27...	1.4 Modalità di intervento: ottimizzazione del ciclo di vita
30...	1.5 Bibliografia del capitolo
31...	2. IL TEMPO
31...	2.1 Il tempo nei prodotti
34...	2.2 Il tempo e la memoria: Patina
35...	2.3 Il tempo nell'ottica wabi sabi
38...	2.4 Bibliografia del capitolo
39...	3. I MATERIALI E IL TEMPO
39...	3.1 Segni del tempo
41...	3.2. I materiali naturali
41...	3.2.1 Il legno
41...	3.2.1.1 Stagionatura
42...	3.2.1.2 Fenomeni di degrado
45...	3.2.2 La carta
45...	3.2.2.1 Fenomeni di degrado
48...	3.3 I materiali artificiali
48...	3.3.1 I metalli

48...	3.3.1.1 Fenomeni degrado
51...	3.3.1.2 Metodi di prevenzione
52...	3.3.2 I materiali polimerici
52...	3.3.2.1 Fenomeni di degrado
53...	3.3.2.2 Principali fonti degradanti
55...	3.4 Conclusioni
55...	3.5 Scelta della classe di materiali
58...	3.6 Bibliografia del capitolo
59...	4. INVECCHIAMENTO DELLE MATERIE PLASTICHE
59...	4.1 Premessa
60...	4.2 Acrilonite Butadiene Stirene
60...	4.2.1 Scheda del materiale
61...	4.2.2 Descrizione
61...	4.2.3 Valutazione del degrado
61...	4.2.3.1 Metodologie di natural weathering
65...	4.2.3.2 Metodologie di artificial weathering
67...	4.3 Policarbonato
67...	4.3.1 Scheda del materiale
68...	4.3.2 Descrizione
68...	4.3.3 Valutazione del degrado
68...	4.3.3.1 Metodologie di natural weathering
69...	4.3.3.2 Metodologie di artificial weathering
72...	4.4 Polietilentereftalato
72...	4.4.1 Scheda del materiale
73...	4.4.2 Descrizione
73...	4.4.3 Valutazione del degrado
73...	4.4.3.1 Metodologie di natural weathering
75...	4.4.3.2 Metodologie di artificial weathering
77...	4.5 Polimetilmetacrilato
77...	4.5.1 Scheda del materiale
78...	4.5.2 Descrizione
78...	4.5.3 Valutazione del degrado
78...	4.5.3.1 Metodologie di natural weathering
82...	4.6. Polipropilene
82...	4.6.1 Scheda del materiale
83...	4.6.2 Descrizione
83...	4.6.3 Valutazione del degrado
83...	4.6.3.1 Metodologie di natural weathering
86...	4.7 Confronto tra i materiali
86...	4.7.1 Ingiallimento
87...	4.7.2 Allungamento a rottura

88...	4.7.3 Resistenza a trazione
89...	4.7.4 Densità
89...	4.7.5 Rugosità superficiale
90...	4.8 Bibliografia del capitolo
91...	5. VALUTARE L'INVECCHIAMENTO
91...	5.1 Premessa
93...	5.2 Test_0: Gli oggetti invecchiati
93...	5.2.1 Obiettivo
93...	5.2.2 Metodo
93...	5.2.2.1 Oggetto del test
95...	5.2.2.2 Panel
95...	5.2.2.3 Strumenti
95...	5.2.2.3.1 Emocards
96...	5.2.2.3.2 Questionario pittografico
98...	5.2.2.3.3 Questionario anagrafico
98...	5.2.2.4 Procedura del test
99...	5.2.2.5 Riscontri
99...	5.2.3 Analisi dei risultati
99...	5.2.3.1 Valutazione della percezione emozionale dei materiali
100...	5.2.3.1.1 Livello 1
101...	5.2.3.1.2 Livello 2
102...	5.2.3.1.3 Livello 3
103...	5.2.3.1.4 Livello 4
107...	5.2.3.1.4.1 Conclusioni
109...	5.2.3.2 Valutazione della percezione sensoriale dei materiali
112...	5.2.3.2.1 Conclusioni
114...	5.2.3.3 Correlazioni tra variazioni percettive ed emozionali
114...	5.2.3.3.1 Livello 1
115...	5.2.3.3.2 Livello 2
116...	5.2.3.3.3 Conclusioni
119...	5.3 Test_1: Materiali invecchiati
119...	5.3.1 Obiettivo
119...	5.3.2 Metodo
119...	5.3.2.1 Oggetto del test
119...	5.3.2.2 Panel
120...	5.3.2.3 Strumenti
121...	5.3.2.4 Procedura
122...	5.3.2.5. Riscontri

122...	5.3.3 Analisi dei risultati
122...	5.3.3.1 Valutazione della percezione emozionale dei materiali
122...	5.3.3.1.1 Livello 1
123...	5.3.3.1.2 Livello 2
124...	5.3.3.1.3 Livello 3
125...	5.3.3.1.4 Livello 4
128...	5.3.3.1.4.1 Conclusioni
130...	5.3.3.2 Valutazione delle percezione sensoriale dei materiali
133...	5.3.3.2.1 Conclusioni
135...	5.3.3.3 Correlazioni tra variazioni percettive ed emozionali
135...	5.3.3.3.1 Livello 1
136...	5.3.3.3.2 Livello 2
137...	5.3.3.3.3 Conclusioni
140...	5.4 Confronto tra i risultati
141...	5.5 Bibliografia del capitolo
143...	6. ANALISI S.W.O.T
143...	6.1 Utilità dell'analisi
145...	6.2 Analisi S.W.O.T. applicata alla valutazione emozionale e sensoriale dei prodotti invecchiati (test_0, test_1)
147...	6.3 Analisi S.W.O.T. applicata alla strategia "progettare per il tempo"
148...	6.4 Bibliografia del capitolo
152...	7. CONCLUSIONI
151...	BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA
155...	APPENDICE I: OTTENIMENTO DEI CAMPIONI INVECCHIATI
155...	1. Campioni test_0
156...	1.1 M.E.K. TEST
156...	1.1.1 Materiali e attrezzature
157...	1.1.2 Procedura
157...	1.1.3 Report
157...	1.1.4 Applicazione del metodo
158...	1.2 INVECCHIAMENTO UV
159...	1.2.1 Applicazione del metodo
159...	1.2.2 Conclusioni
160...	2. Campioni test_1
160...	2.1 Weathering test

160...	2.1.1 Scelta dei materiali
160...	2.1.2 Campioni
161...	2.1.3 Sito di prova, posizione attrezzature di prova, orientamento dell'espositore
164...	2.1.3.1 Costruzione dell'espositore
164...	2.1.3.2 Strumentazione
164...	2.1.3.3 Report
166...	2.1.3.4 Dati climatici
169...	APPENDICE II: ANALISI DATI INDAGINE SPERIMENTALE
169...	1. Indici utilizzati per l'elaborazione dei dati
171...	2. Analisi dati test_0
171...	2.1 Valutazione della percezione emozionale dei materiali
171...	2.1.1 Livello 1
171...	2.1.1.1 Emozioni positive
175...	2.1.1.2 Emozioni negative
179...	2.1.2 Livello 3
185...	2.1.3 Livello 4
189...	2.2 Valutazione della percezione sensoriale dei materiali
195...	2.3 Correlazioni tra variazioni percettive ed emozionali
198...	3. Analisi dati test_1
198...	3.1 Valutazione della percezione emozionale dei materiali
198...	3.1.1 Livello 1
198...	3.1.1.1 Emozioni positive
202...	3.1.1.2 Emozioni negative
205...	3.1.2 Livello 3
211...	3.1.3 Livello 4
216...	2.2 Valutazione della percezione sensoriale dei materiali
221...	2.3 Correlazioni tra variazioni percettive ed emozionali
227...	RINGRAZIAMENTI

INDICE IMMAGINI*

CAPITOLO 1

Immagine 1. Sviluppo sostenibile, sullo schema della definizione della WCED.	...26
Immagine 2. Schema del ciclo di vita. Fonte: www.greenactions.it	...28
Immagine 3. Schema del ciclo di vita. Fonte: Ostuzzi F.	...29

CAPITOLO 2

Immagine 1. Tempo come patina e polvere. Fonte: Danico design.	...32
Immagine 2. Teiera giapponese wabi sabi. Fonte: Kevin Rosseel.	...36

CAPITOLO 3

Immagine 1. Il tempo e il legno.	...41
Immagine 2. Sedie Thonet in legno di faggio. Fonte: dailytonic.com	...42
Immagine 3. Assi di legno ingrigite. Fonte: Royalty free stock images.	...43
Immagine 4. Attacco di muffe. Fonte: Texture Palace.	...43
Immagine 5. Attacco di insetti xilofagi. Fonte: Texture Palace.	...43
Immagine 6. Il tempo e la carta.	...44
Immagine 7. Lampade a sospensione in carta Dot/Dash, Design by Erich Ginder.	...45
Immagine 8. Ingiallimento di antico manoscritto. Fonte: Texture Palace.	...46
Immagine 9. Degrado biologico della carta. Fonte: Dark pines photo.	...47
Immagine 10. Il tempo e i metalli.	...48
Immagine 11. Teiera in argento, Design by Marianne Brant. Fonte: terrytynam.com	...49
Immagine 12. Attacco corrosivo localizzato sulla saldatura. Fonte: Celestina Adams.	...50
Immagine 13. Lastra in metallo rivestita da pittura. Fonte: Free stock image.	...51
Immagine 14 Il tempo e la plastica	...51
Immagine 15. telefono Siemens Italtel S62. Fonte: museoscienza.org	...52
Immagine 16. Ingiallimento e fessurazioni su cinturino in materiale polimerico.	...53
Immagine 17. Sedie in plastica da giardino. Fonte: Royalty free stock images.	...57

Immagine 18. Radio vintage. Fonte: Mark Amsterdam.	...57
--	-------

Immagine 19. Confezioni di cosmetici. Fonte: Chemchina.net.	...57
---	-------

CAPITOLO 5

Immagine 1. Meaning of materials. Karana E., (2009), Op. Cit.	...92
Immagine 2. Campioni in ABS utilizzati per il test_0.	...93
Immagine 3. Campioni in PC utilizzati per il test_0.	...94
Immagine 4. Campioni in PP utilizzati per il test_0.	...94
Immagine 5. Campioni in PMMA utilizzati per il test_0.	...94
Immagine 6. Campioni in PET utilizzati per il test_0.	...94
Immagine 7. Le otto categorie emozionali. Fonte: Desmet P.M.A., Overbeeke C.J., Tax S.J.E.T., (2001), Op. Cit.	...95
Immagine 8. Le 12 emozioni di PrEmo 2012. Fonte: www.premotool.com	...96
Immagine 9. Emocards sviluppata per il test_0.	...96
Immagine 10. Il questionario sensoriale. Fonte: Karana E., Hekkert P., Kundachar P., (2008), Op. Cit.	...97
Immagine 11. Il test_0.	...99
Immagine 12. Campioni in ABS utilizzati per il test_1.	...119
Immagine 13. Campioni in PC utilizzati per il test_1.	...119
Immagine 14. Campioni in PET utilizzati per il test_1.	...120
Immagine 15. Campioni in PMMA utilizzati per il test_1.	...120
Immagine 16. Campioni in PP utilizzati per il test_1.	...120
Immagine 17. Il test_1.	...121
Appendice I: Ottenimento dei campioni invecchiati	
Immagine 1. Oggetti selezionati per il test_0.	...156
Immagine 2. Campione in PMMA, prova 2, MEK test.	...157
Immagine 3. Campione in PMMA, prova 6, MEK test.	...157

* Tutte le immagini che non riportano una fonte sono state realizzate dall'autrice

Immagine 4. Campione in PC, prova 1, MEK test.	...157
Immagine 5. Campioni in PC, prova 3, U.V. test.	...159
Immagine 6. Campione in PC, 0 e 120 minuti di esposizione, U.V. test.	...159
Immagine 7. Campione in ABS, prova 3, U.V. test.	...159
Immagine 8. L'espositore dei campioni.	...161
Immagine 9. Particolare della metodologia di fissaggio.	...161
Immagine 10. Foto dell'espositore durante i 100 giorni di esposizione.	...162

INDICE TABELLE*

CAPITOLO 2

Tabella 1. Piacere d'utilizzo. ...33
Fonte: Woolley M., (2003), Op. Cit.

Tabella 2. Ciclo del tempo di generici settori di prodotto. ...34
Fonte: Woolley M., (2003), Op. Cit.

Tabella 3. Surface effect and affect matrix. ...35
Fonte: Candy F. J., Sommerville S., Kalviainen M., Oksanen H., (2004), Op. Cit.

CAPITOLO 3

Tabella 1. Durata (espressa in anni) di legno trattato e non trattato in esterno. ...41
Fonte: SigmaKalon Univer S.p.a., (2007). Op. Cit.

Tabella 2. Caratteristiche delle principali essenze del legno. ...42
Fonte: SigmaKalon Univer S.p.a., (2007). Op. Cit.

CAPITOLO 4

Tabella 1. Temperatura di transizione vetrosa (°C) di campioni in ABS non esposti ed esposti agli agenti atmosferici, Lisbona, Portogallo. ...65
Fonte: Santos R.M., Botelho G.L., Machado A.V., (2010), Op. Cit.

Tabella 2. Perdita di allungamento medio a rottura (%) in lastre di policarbonato commerciali per esposizione all'aperto in condizioni diverse. ...68
Fonte: Anthony L., Andradý A.L., Hamid H.S., Torikai, (2003), Op. Cit.

Tabella 3. Colore, spessore, flessibilità a bassa temperatura e trasparenza di campioni PET prima, durante e dopo due anni di natural weathering. ...73
Fonte: Radulović J., (2006), Op. Cit.

Tabella 4. Resistenza alla trazione, deformazione % e allungamento a rottura di campioni PET prima, durante e dopo due anni di natural weathering. ...74
Fonte: Radulović J., (2006), Op. Cit.

Tabella 5. Lunghezza di onda eccitante ed emessa di PET. ...76
Fonte: Wypych G., (2007), Op. Cit.

CAPITOLO 5

Tabella 1. Soglia di significatività valutata per ogni singolo materiale. Test_0. ...102

Tabella 2. Variazioni nella percezione emozionale ABS (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_0. ...104

Tabella 3. Variazioni nella percezione emozionale PC (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_0. ...105

Tabella 4. Variazioni nella percezione emozionale PET (differenza tra valore medio ...105

materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_0.

Tabella 5. Variazioni nella percezione emozionale PMMA (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_0. ...106

Tabella 6. Variazioni nella percezione emozionale PP (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_0. ...106

Tabella 7. Variazioni nella percezione sensoriale ABS (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_0. ...110

Tabella 8. Variazioni nella percezione sensoriale PC (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_0. ...110

Tabella 9. Variazioni nella percezione sensoriale PET (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_0. ...111

Tabella 10. Variazioni nella percezione sensoriale PMMA (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_0. ...111

Tabella 11. Variazioni nella percezione sensoriale PP (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_0. ...112

Tabella 12. Correlazione tra variazione emozionale e parametri sensoriali. Test_0. ...114

Tabella 13. Soglia di significatività per ogni singolo materiale. Test_1. ...123

Tabella 14. Variazioni nella percezione emozionale ABS (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_1. ...126

Tabella 15. Variazioni nella percezione emozionale PC (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_1. ...126

Tabella 16. Variazioni nella percezione emozionale PET (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_1. ...127

Tabella 17. Variazioni nella percezione emozionale PMMA (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_1. ...127

Tabella 18. Variazioni nella percezione emozionale PP (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_1. ...128

Tabella 19. Variazioni nella percezione sensoriale ABS (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_1. ...131

Tabella 20. Variazioni nella percezione sensoriale PC (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_1. ...131

* Tutte le tabelle che non riportano una fonte sono state realizzate dell'autrice.

Tabella 21. Variazioni nella percezione sensoriale PET (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_1.	...132	Tabella 14. Valutazione dell'emozione <i>soddisfazione</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_0.	...179
Tabella 22. Variazioni nella percezione sensoriale PMMA (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_1.	...132	Tabella 15. Valutazione dell'emozione <i>orgoglio</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_0.	...180
Tabella 23. Variazioni nella percezione sensoriale PP (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_1.	...133	Tabella 16. Valutazione dell'emozione <i>speranza</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_0.	...180
Tabella 24. Correlazione tra variazione emozionale e parametri sensoriali. Test_1.	...135	Tabella 17. Valutazione dell'emozione <i>gioia</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_0.	...181
CAPITOLO 6		Tabella 18. Valutazione dell'emozione <i>fascino</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_0.	...181
Tabella 1. Matrice S.W.O.T.	...144	Tabella 19. Valutazione dell'emozione <i>disgusto</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_0.	...182
CAPITOLO 7		Tabella 20. Valutazione dell'emozione <i>insoddisfazione</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_0.	...182
Tabella 1. Proprietà fisiche e chimiche del Metiletilchetone. Fonte: ASTM D740-94 R97.	...156	Tabella 21. Valutazione dell'emozione <i>vergogna</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_0.	...183
Tabella 2. Matrice dei campioni	...161	Tabella 22. Valutazione dell'emozione <i>paura</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_0.	...183
APPENDICE II: ANALISI DATI INDAGINE SPERIMENTALE		Tabella 23. Valutazione dell'emozione <i>tristezza</i> per singolo panel (valori medi di percezione).	...184
Tabella 1. Valutazione dell'emozione <i>desiderio</i> per singolo materiale. Test_0.	...172	Tabella 24. Valutazione dell'emozione <i>noia</i> per singolo panel (valori medi di percezione).	...184
Tabella 2. Valutazione dell'emozione <i>soddisfazione</i> per singolo materiale. Test_0.	...172	Tabella 25. Variazione di percezione emozionale tra oggetto nuovo e invecchiato. Test_0.	...185
Tabella 3. Valutazione dell'emozione <i>orgoglio</i> per singolo materiale. Test_0.	...173	Tabella 26. Valutazione emozionale ABS_0. Test_0.	...185
Tabella 4. Valutazione dell'emozione <i>speranza</i> per singolo materiale. Test_0.	...173	Tabella 27. Valutazione emozionale ABS_1. Test_0.	...186
Tabella 5. Valutazione dell'emozione <i>gioia</i> per singolo materiale. Test_0.	...174	Tabella 28. Valutazione emozionale PC_0. Test_0.	...186
Tabella 6. Valutazione dell'emozione <i>fascino</i> per singolo materiale. Test_0.	...174	Tabella 29. Valutazione emozionale PC_1. Test_0.	...186
Tabella 7. Valutazione dell'emozione <i>disgusto</i> per singolo materiale. Test_0.	...176	Tabella 30. Valutazione emozionale PET_0. Test_0.	...187
Tabella 8. Valutazione dell'emozione <i>insoddisfazione</i> per singolo materiale. Test_0.	...176	Tabella 31. Valutazione emozionale PET_1. Test_0.	...187
Tabella 9. Valutazione dell'emozione <i>vergogna</i> per singolo materiale. Test_0.	...177		
Tabella 10. Valutazione dell'emozione <i>paura</i> per singolo materiale. Test_0.	...177		
Tabella 11. Valutazione dell'emozione <i>tristezza</i> per singolo materiale. Test_0.	...178		
Tabella 12. Valutazione dell'emozione <i>noia</i> per singolo materiale. Test_0.	...178		
Tabella 13. Valutazione dell'emozione <i>desiderio</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_0.	...179		

Tabella 32. Valutazione emozionale PMMA_0. Test_0.	...188	Tabella 58. Valutazione dell'emozione <i>noia</i> per singolo materiale. Test_1.	...205
Tabella 33. Valutazione emozionale PMMA_1. Test_0.	...188	Tabella 59. Valutazione dell'emozione <i>desiderio</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_1.	...205
Tabella 34. Valutazione emozionale PP_0. Test_0.	...188	Tabella 60. Valutazione dell'emozione <i>soddisfazione</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_1.	...206
Tabella 35. Valutazione emozionale PP_1. Test_0.	...189	Tabella 61. Valutazione dell'emozione <i>orgoglio</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_1.	...206
Tabella 36. Variazione di percezione emozionale tra oggetto nuovo e invecchiato. Test_0.	...189	Tabella 62. Valutazione dell'emozione <i>speranza</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_1.	...207
Tabella 37. Valutazione sensoriale ABS_0. Test_0.	...190	Tabella 63. Valutazione dell'emozione <i>gioia</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_1.	...207
Tabella 38. Valutazione sensoriale ABS_1. Test_0.	...190	Tabella 64. Valutazione dell'emozione <i>fascino</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_1.	...208
Tabella 39. Valutazione sensoriale PC_0. Test_0.	...191	Tabella 65. Valutazione dell'emozione <i>disgusto</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_1.	...208
Tabella 40. Valutazione sensoriale PC_1. Test_0.	...191	Tabella 66. Valutazione dell'emozione <i>insoddisfazione</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_1.	...209
Tabella 41. Valutazione sensoriale PET_0. Test_0.	...192	Tabella 67. Valutazione dell'emozione <i>vergogna</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_1.	...209
Tabella 42. Valutazione sensoriale PET_1. Test_0.	...192	Tabella 68. Valutazione dell'emozione <i>paura</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_1.	...210
Tabella 43. Valutazione sensoriale PMMA_0. Test_0.	...193	Tabella 69. Valutazione dell'emozione <i>tristezza</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_1.	...210
Tabella 44. Valutazione sensoriale PMMA_1. Test_0.	...193	Tabella 70. Valutazione dell'emozione <i>noia</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_1.	...211
Tabella 45. Valutazione sensoriale PP_0. Test_0.	...194	Tabella 71. Variazione di percezione emozionale tra oggetto nuovo e invecchiato. Test_1.	...211
Tabella 46. Valutazione sensoriale PP_1. Test_0.	...194	Tabella 72. Valutazione emozionale ABS_0. Test_1.	...212
Tabella 47. Valutazione dell'emozione <i>desiderio</i> per singolo materiale. Test_1.	...199	Tabella 73. Valutazione emozionale ABS_1. Test_1.	...212
Tabella 48. Valutazione dell'emozione <i>soddisfazione</i> per singolo materiale. Test_1.	...199	Tabella 74. Valutazione emozionale PC_0. Test_1.	...213
Tabella 49. Valutazione dell'emozione <i>orgoglio</i> per singolo materiale. Test_1.	...200	Tabella 75. Valutazione emozionale PC_1. Test_1.	...213
Tabella 50. Valutazione dell'emozione <i>speranza</i> per singolo materiale. Test_1.	...200	Tabella 76. Valutazione emozionale PET_0. Test_1.	...213
Tabella 51. Valutazione dell'emozione <i>gioia</i> per singolo materiale. Test_1.	...201	Tabella 77. Valutazione emozionale PET_1. Test_1.	...214
Tabella 52. Valutazione dell'emozione <i>fascino</i> per singolo materiale. Test_1.	...201		
Tabella 53. Valutazione dell'emozione <i>disgusto</i> per singolo materiale. Test_1.	...202		
Tabella 54. Valutazione dell'emozione <i>insoddisfazione</i> per singolo materiale. Test_1.	...203		
Tabella 55. Valutazione dell'emozione <i>vergogna</i> per singolo materiale. Test_1.	...203		
Tabella 56. Valutazione dell'emozione <i>paura</i> per singolo materiale. Test_1.	...204		
Tabella 57. Valutazione dell'emozione <i>tristezza</i> per singolo materiale. Test_1.	...204		

Tabella 78. Valutazione emozionale PMMA_0. Test_1.	...214
Tabella 79. Valutazione emozionale PMMA_1. Test_1.	...214
Tabella 80. Valutazione emozionale PP_0. Test_1.	...215
Tabella 81. Valutazione emozionale PP_1. Test_1.	...215
Tabella 82. Variazione di percezione emozionale tra oggetto nuovo e invecchiato. Test_1.	...216
Tabella 83. Valutazione sensoriale ABS_0. Test_1.	...217
Tabella 84. Valutazione sensoriale ABS_1. Test_1.	...217
Tabella 85. Valutazione sensoriale PC_0. Test_1.	...218
Tabella 86. Valutazione sensoriale PC_1. Test_1.	...218
Tabella 87. Valutazione sensoriale PET_0. Test_1.	...219
Tabella 88. Valutazione sensoriale PET_1. Test_1.	...219
Tabella 89. Valutazione sensoriale PMMA_0. Test_1.	...220
Tabella 90. Valutazione sensoriale PMMA_1. Test_1.	...220
Tabella 91. Valutazione sensoriale PP_0. Test_1.	...221
Tabella 92. Valutazione sensoriale PP_1. Test_1.	...221

INDICE GRAFICI*

CAPITOLO 1

Grafico 1. Tre possibili scenari post 2010. Fonte: Vaciago G., (2010), Op. Cit. ...25

CAPITOLO 3

Grafico 1. Segmenti applicativi, per singolo materiale, di plastica in Europa 2011. Fonte: PlasticsEurope Market Research Group (PEMRG). ...56

Grafico 2. Produzione mondiale di plastica 1950-2011. Fonte: PlasticsEurope Market Research Group (PEMRG). ...56

CAPITOLO 4

Grafico 1. Cambiamenti di densità di un campione in ABS. Natural weathering, 5 anni di esposizione. Fonte: Kubota H., Suzuki S., Nishimura O., Tamura I., Yoshikawa K., Shirota T., (1981), Op. Cit. ...61

Grafico 2. Cambiamenti di rugosità superficiale di un campione in ABS. Natural weathering, 5 anni di esposizione. Fonte: Kubota H., Suzuki S., Nishimura O., Tamura I., Yoshikawa K., Shirota T., (1981), Op. Cit. ...62

Grafico 3. Analisi della trasmittanza luminosa di campioni in ABS. Natural weathering, 120 giorni di esposizione, Lisbona, Portogallo. Fonte: Santos R.M., Botelho G.L., Machado A.V., (2010), Op. Cit. ...62

Grafico 4. Ingiallimento di un campione in ABS. Natural weathering, 120 giorni di esposizione, Lisbona. Fonte: Santos R.M., Botelho G.L., Machado A.V., (2010), Op. Cit. ...63

Grafico 5. Variazione percentuale di allungamento a rottura di un campione in ABS. Natural weathering, 3 anni di esposizione, Giappone. Fonte: Kubota H., Suzuki S., Nishimura O., Tamura I., Yoshikawa K., Shirota T., (1981), Op. Cit. ...63

Grafico 6. Variazione percentuale di resistenza a trazione di un campione in ABS. Natural weathering, 120 giorni di esposizione, Lisbona, Portogallo. Fonte: Santos R.M., Botelho G.L., Machado A.V., (2010), Op. Cit. ...64

Grafico 7. Variazione percentuale di resistenza a trazione di un campione in ABS. Natural weathering, 3 anni esposizione, Giappone. Fonte: Kubota H., Suzuki S., Nishimura O., Tamura I., Yoshikawa K., Shirota T., (1981), Op. Cit. ...64

Grafico 8. Confronto tra viscosità e modulo elastico di campioni con differenti gradi di esposizione agli agenti atmosferici, Lisbona, Portogallo. Fonte: Santos R.M., Botelho G.L., Machado A.V., (2010), Op. Cit. ...65

Grafico 9. Spessore dello strato degradato di campioni in ABS invecchiato con differenti metodologie. Artificial weathering, 2000 ore di esposizione. Fonte: Kubota H., Suzuki S., Nishimura O., Tamura I., Yoshikawa K., Shirota T., (1981), Op. Cit. ...65

Grafico 10. Differenze cromatiche di ABS invecchiato con differenti metodologie. Fonte: Kubota H., Suzuki S., Nishimura O., Tamura I., Yoshikawa K., Shirota T., (1981), Op. Cit. ...66

Grafico 11. Variazione percentuale di allungamento a rottura di campioni in ABS esposti a differenti metodologie di invecchiamento. Artificial weathering, 2000 ore di esposizione. Fonte: Kubota H., Suzuki S., Nishimura O., Tamura I., Yoshikawa K., Shirota T., (1981), Op. Cit. ...66

Grafico 12. Ingiallimento di un campione in PC. Natural weathering, 360 giorni di esposizione. Fonte: Ram A., Zilber O., Kening S., (1985), Op. Cit. ...68

Grafico 13. Confronto tra i valori di allungamento a rottura di lastre in PC commerciali (spessore 200 µm). Natural weathering, 350 giorni di esposizione. Fonte: Anthony L., Andradý A.L., Hamid H.S., Torikai , (2003), Op. Cit. ...69

Grafico 14. Variazione percentuale di allungamento a rottura di un campione in PC. Natural weathering, 900 giorni di esposizione. Fonte: Ram A., Zilber O., Kening S., (1985), Op. Cit. ...69

Grafico 15. Ingiallimento di campioni in PC trattati e non trattati. Artificial weathering, Xenon Weather-O-Meter, 3000 ore di esposizione. Fonte: www.pc-sheets.com ...69

Grafico 16. Trasmittanza luminosa di campioni in PC trattati e non trattati. Artificial weathering, Xenon Weather-O-Meter, 350 ore di esposizione. Fonte: www.pc-sheets.com ...70

Grafico 17. Resistenza a trazione di campioni in PC trattati e non trattati. Artificial weathering, Xenon Weather-O-Meter, 200 ore di esposizione. Fonte: www.pc-sheets.com ...70

Grafico 18. Variazione percentuale di allungamento a rottura di un campione in PC. Artificial weathering, Weather-O-Meter, 2000 ore di esposizione. Fonte: Ram A., Zilber O., Kening S., (1985), Op. Cit. ...70

Grafico 19. Variazione percentuale di trasparenza di campioni in PET in aree continentali (Nikinci) e marine (Kumbor). Natural weathering, 720 giorni di esposizione. Fonte: Radulović J., (2006), Op. Cit. ...73

Grafico 20. Variazione percentuale di allungamento a rottura (in direzione longitudinale e perpendicolare) di campioni in PET in aree continentali (Nikinci). Fonte: Radulović J., (2006), Op. Cit. ...74

Grafico 21. Variazione percentuale di allungamento a rottura (in direzione longitudinale e perpendicolare) di campioni in PET in aree marine (Kumbor). Natural weathering, 720 giorni di esposizione. Fonte: Radulović J., (2006), Op. Cit. ...74

* Tutti grafici che non riportano una fonte sono state realizzate dell'autrice.

Grafico 22. Variazione percentuale di resistenza alla trazione (in direzione longitudinale e perpendicolare) di campioni in PET in aree continentali (Nikinci). Natural weathering, 720 giorni di esposizione. Fonte: Radulović J., (2006), Op. Cit.	...75	addittivato (spessore 3 mm). Natural weathering, 1000 ore di esposizione. Fonte: Camino G., (1996), Op. Cit.	
Grafico 23. Variazione percentuale di resistenza alla trazione (in direzione longitudinale e perpendicolare) di campioni in PET in aree marine (Kumbor). Natural weathering, 720 giorni di esposizione. Fonte: Radulović J., (2006), Op. Cit.	...75	Grafico 36. Ingiallimento di campioni in PP blu addittivato e non addittivato. Natural weathering, 4000 ore di esposizione. Fonte: Camino G., (1996), Op. Cit.	...83
Grafico 24. Scissione della catena polimerica a 60°C di PET amorfo al 100% di umidità relativa. Artificial weathering, 400 giorni di esposizione. Fonte: Edge M., Hayes M., Mohammadian M., Allen N. S., Jewitt T. S., Brems K., Jones K., (1991), Op. Cit.	...76	Grafico 37. Variazione percentuale di tenacità di campioni in PP spessore 70 µm addittivato e non addittivato. Natural weathering, 350 giorni di esposizione. Fonte: Camino G., (1996), Op. Cit.	...84
Grafico 25. Spessore dello strato degradato esposto di campioni in PMMA. Natural weathering, 4 anni di esposizione in quattro differenti aree, Giappone. Fonte: Kubota H., Suzuki S., Nishimura O., Tamura I., Yoshikawa K., Shirota T., (1981), Op. Cit.	...78	Grafico 38. Numero di ore di esposizione necessarie per ridurre del 50% la tenacità iniziale di film in PP addittivato e non addittivato. Fonte: Camino G., (1996), Op. Cit.	...84
Grafico 26. Concentrazione libera di monomeri in campioni di PMMA. Natural weathering, 10 anni di esposizione, 30° latitudine nord. Fonte: Stachiw, J. D., Dolan, R. B., (1982), Op. Cit.	...78	Grafico 39. Variazione percentuale di allungamento a rottura di campioni in PP. Natural weathering, 1 anno esposizione, Australia. Fonte: Dunn P., Hill E.J., (1971), Op. Cit.	...84
Grafico 27. Cambiamenti di densità di un campione in PMMA. Natural weathering, 5 anni di esposizione, Giappone. Fonte: Kubota H., Suzuki S., Nishimura O., Tamura I., Yoshikawa K., Shirota T., (1981), Op. Cit.	...79	Grafico 40. Variazione percentuale di resistenza a trazione di campioni in PP. Natural weathering, 1 anno esposizione, Australia. Fonte: Dunn P., Hill E.J., (1971), Op. Ci	...85
Grafico 28. Cambiamenti di rugosità superficiale di un campione in PMMA. Natural weathering, 5 anni di esposizione, Giappone. Fonte: Kubota H., Suzuki S., Nishimura O., Tamura I., Yoshikawa K., Shirota T., (1981), Op. Cit.	...79	Grafico 41. Confronto tra l'indice d'ingiallimento di differenti materiali. Tempo di esposizione: 120 giorni.	...86
Grafico 29. Ingiallimento di un campione in PMMA. Natural weathering, 1800 giorni di esposizione, Giappone. Fonte: Kubota H., Suzuki S., Nishimura O., Tamura I., Yoshikawa K., Shirota T., (1981), Op. Cit.	...79	Grafico 42. Confronto tra l'allungamento a rottura di ABS e PMMA. Tempo di esposizione: 3 anni.	...87
Grafico 30. Cambiamenti delle proprietà meccaniche in campioni di PMMA. Natural weathering, 10 anni di esposizione, 30° latitudine nord. Fonte: Effect of Weather, Age, and Cyclic Pressurizations on Structural Performance of Acrylic Plastic. Op. Cit.	...80	Grafico 43. Confronto tra l'allungamento a rottura di PC, PET e PMMA. Tempo di esposizione: 1 anno.	...87
Grafico 31. Variazione percentuale di allungamento a rottura di campioni in PMMA. Natural weathering, 3 anni di esposizione. Stachiw, J. D., Dolan, R. B., (1982), Op. Cit.	...80	Grafico 44. Confronto la resistenza a trazione di ABS e PMMA. Tempo di esposizione: 3 anni.	...88
Grafico 32. Variazione percentuale di resistenza a flessione. Natural weathering, 1 anno di esposizione, Giappone. Fonte: Kubota H., Suzuki S., Nishimura O., Tamura I., Yoshikawa K., Shirota T., (1981), Op. Cit.	...80	Grafico 45. Confronto tra la resistenza a trazione di PET e PP. Tempo di esposizione: 1 anno.	...88
Grafico 33. Variazione percentuale di resistenza a trazione di campioni in PMMA. Natural weathering, 3 anni di esposizione. Fonte: Stachiw, J. D., Dolan, R. B., (1982), Op. Cit.	...80	Grafico 46. Confronto tra la densità PET e PP. Tempo di esposizione: 5 anni.	...89
Grafico 34. Variazione percentuale di resistenza a trazione di campioni in PMMA. Natural weathering, 3 anni di esposizione in tre differenti aree, Giappone. Fonte: Kubota H., Suzuki S., Nishimura O., Tamura I., Yoshikawa K., Shirota T., (1981), Op. Cit.	...81	Grafico 47. Confronto tra la rugosità superficiale ABS e PMMA. Tempo di esposizione: 4 anni.	...89
Grafico 35. Variazione percentuale di gloss su campioni in PP blu addittivato e non	...83	CAPITOLO 5	
		Grafico 1. Intensità delle emozioni (valori medi di percezione). Test_0.	...100
		Grafico 2. Intensità delle emozioni positive percepite per singolo materiale (valori medi di percezione). Test_0.	...100
		Grafico 3. Intensità delle emozioni negative percepite per singolo materiale (valori medi di percezione). Test_0.	...101

Grafico 4. Soglia di significatività per le emozioni positive valutata per ogni singolo materiale. Test_0.	...102	Grafico 22. Correlazione tra variazione degli aspetti tattili ed emozioni. Test_0.	...116
Grafico 5. Soglia di significatività per le emozioni negative valutata per ogni singolo materiale. Test_0.	...102	Grafico 23. Correlazione tra variazione degli aspetti fotometrici ed emozioni. Test_0.	...116
Grafico 6. Intensità delle emozioni percepite dai differenti panel (valori medi di percezione). Test_0.	...103	Grafico 24. Correlazione tra variazione degli aspetti tattili ed emozioni. Test_0.	...116
Grafico 7. Variazioni nella percezione emozionale ABS (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_0.	...105	Grafico 25. Correlazione tra variazione emozionale e parametri sensoriali. Test_0.	...118
Grafico 8. Variazioni nella percezione emozionale PC (differenza tra valore medio materiale nuovo e invecchiato). Test_0.	...105	Grafico 26. Intensità delle emozioni (valori medi di percezione). Test_1.	...122
Grafico 9. Variazioni nella percezione emozionale PET (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_0.	...105	Grafico 27. Intensità delle emozioni positive percepite per singolo materiale (valori medi di percezione). Test_1.	...123
Grafico 10. Variazioni nella percezione emozionale PMMA (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_0.	...106	Grafico 28. Intensità delle emozioni negative percepite per singolo materiale (valori medi di percezione). Test_1.	...123
Grafico 11. Variazioni nella percezione emozionale PP (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_0.	...106	Grafico 29. Soglia di significatività per le emozioni positive valutata per ogni singolo materiale. Test_1.	...124
Grafico 12. Variazioni nella percezione emozionale (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_0.	...107	Grafico 30. Soglia di significatività per le emozioni negative valutata per ogni singolo materiale. Test_1.	...124
Grafico 13. Variazioni nella percezione emozionale (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_0.	...109	Grafico 31. Intensità delle emozioni percepite dai differenti panel (valori medi di percezione). Test_1.	...125
Grafico 14. Variazioni nella percezione sensoriale ABS (differenza tra valore medio materiale nuovo e invecchiato). Test_0.	...110	Grafico 32. Variazioni nella percezione emozionale ABS (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_1.	...126
Grafico 15. Variazioni nella percezione sensoriale PC (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_0.	...110	Grafico 33. Variazioni nella percezione emozionale PC (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_1.	...126
Grafico 16. Variazioni nella percezione sensoriale PET (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_0.	...111	Grafico 34. Variazioni nella percezione emozionale PET (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_1.	...127
Grafico 17. Variazioni nella percezione sensoriale PMMA (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_0.	...111	Grafico 35. Variazioni nella percezione emozionale PMMA (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_1.	...127
Grafico 18. Variazioni nella percezione sensoriale PP (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_0.	...112	Grafico 36. Variazioni nella percezione emozionale PP (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_1.	...129
Grafico 19. Variazioni nella percezione emozionale (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_0.	...113	Grafico 37. Variazioni nella percezione emozionale (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_1.	...129
Grafico 20. Correlazione tra variazione delle emozioni positive e parametri percettivi. Test_0.	...115	Grafico 38. Variazioni nella percezione sensoriale ABS (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_1.	...131
Grafico 21. Correlazione tra variazione delle emozioni negative e parametri percettivi. Test_0.	...115	Grafico 39. Variazioni nella percezione sensoriale PC (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_1.	...131
		Grafico 40. Variazioni nella percezione sensoriale PET (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_1.	...132
		Grafico 41. Variazioni nella percezione sensoriale PMMA (differenza tra valore medio	...132

materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_1.		Grafico 9. Valutazione dell'emozione <i>vergogna</i> per singolo materiale (valori medi di percezione). Test_0.	...177
Grafico 42. Variazioni nella percezione sensoriale PP (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato).Test_1.	...133	Grafico 10. Valutazione dell'emozione <i>paura</i> per singolo materiale (valori medi di percezione). Test_0.	...177
Grafico 43. Variazioni nella percezione sensoriale (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Test_1.	...134	Grafico 11. Valutazione dell'emozione <i>tristezza</i> per singolo materiale (valori medi di percezione). Test_0.	...178
Grafico 44. Correlazione tra variazione delle emozioni positive e parametri percettivi. Test_1.	...136	Grafico 12. Valutazione dell'emozione <i>noia</i> per singolo materiale (valori medi di percezione). Test_0.	...178
Grafico 45. Correlazione tra variazione delle emozioni negative e parametri percettivi. Test_1.	...136	Grafico 13. Valutazione dell'emozione <i>desiderio</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_0.	...179
Grafico 46. Correlazione tra variazione degli aspetti tattili ed emozioni. Test_1.	...137	Grafico 14. Valutazione dell'emozione <i>soddisfazione</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_0.	...179
Grafico 47. Correlazione tra variazione degli aspetti fotometrici ed emozioni. Test_1.	...137	Grafico 15. Valutazione dell'emozione <i>orgoglio</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_0.	...180
Grafico 48. Correlazione tra variazione degli aspetti olfattivi ed emozioni. Test_1.	...137	Grafico 16. Valutazione dell'emozione <i>speranza</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_0.	...180
Grafico 49. Correlazione tra variazione emozionale e parametri sensoriali. Test_1.	...139	Grafico 17. Valutazione dell'emozione <i>gioia</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_0.	...181
APPENDICE I: OTTENIMENTO DEI CAMPIONI INVECCHIATI		Grafico 18. Valutazione dell'emozione <i>fascino</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_0.	...181
Grafico 1. Confronto tra diversi metodi di invecchiamento, www.abcs.it	...158	Grafico 19. Valutazione dell'emozione <i>disgusto</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_0.	...182
Grafico 2. Spettro di emissione della lampada utilizzata. Fonte: www.heliositalquartz.com	...158	Grafico 20. Valutazione dell'emozione <i>insoddisfazione</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_0.	...182
APPENDICE II: ANALISI DATI INDAGINE SPERIMENTALE		Grafico 21. Valutazione dell'emozione <i>vergogna</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_0.	...183
Grafico 1. Valutazione dell'emozione <i>desiderio</i> per singolo materiale (valori medi di percezione). Test_0.	...172	Grafico 22. Valutazione dell'emozione <i>paura</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_0.	...183
Grafico 2. Valutazione dell'emozione <i>soddisfazione</i> per singolo materiale (valori medi di percezione). Test_0.	...172	Grafico 23. Valutazione dell'emozione <i>tristezza</i> per singolo panel (valori medi di percezione).	...184
Grafico 3. Valutazione dell'emozione <i>orgoglio</i> per singolo materiale (valori medi di percezione). Test_0.	...173	Grafico 24. Valutazione dell'emozione <i>noia</i> per singolo panel (valori medi di percezione).	...184
Grafico 4. Valutazione dell'emozione <i>speranza</i> per singolo materiale (valori medi di percezione). Test_0.	...173	Grafico 25. Confronto tra valutazione emozionale ABS_0 e ABS_1 (valori medi di percezione). Test_0.	...185
Grafico 5. Valutazione dell'emozione <i>gioia</i> per singolo materiale (valori medi di percezione). Test_0.	...174	Grafico 26. Confronto tra valutazione emozionale PC_0 e PC_1 (valori medi di percezione). Test_0.	...186
Grafico 6. Valutazione dell'emozione <i>fascino</i> per singolo materiale (valori medi di percezione). Test_0.	...174		
Grafico 7. Valutazione dell'emozione <i>disgusto</i> per singolo materiale (valori medi di percezione). Test_0.	...176		
Grafico 8. Valutazione dell'emozione <i>insoddisfazione</i> per singolo materiale (valori medi di percezione). Test_0.	...176		

Grafico 27. Confronto tra valutazione emozionale PET_0 e PET_1 (valori medi di percezione). Test_0.	...187	Grafico 47. Valutazione dell'emozione <i>speranza</i> per singolo materiale (valori medi di percezione). Test_1.	...200
Grafico 28. Confronto tra valutazione emozionale PMMA_0 e PMMA_1 (valori medi di percezione). Test_0.	...187	Grafico 48. Valutazione dell'emozione <i>gioia</i> per singolo materiale (valori medi di percezione). Test_1.	...201
Grafico 29. Confronto tra valutazione emozionale PP_0 e PP_1 (valori medi di percezione). Test_0.	...188	Grafico 49. Valutazione dell'emozione <i>fascino</i> per singolo materiale (valori medi di percezione). Test_1.	...201
Grafico 30. Confronto tra valutazione sensoriale ABS_0 e ABS_1 (valori medi di percezione). Test_0.	...190	Grafico 50. Valutazione dell'emozione <i>disgusto</i> per singolo materiale (valori medi di percezione). Test_1.	...202
Grafico 31. Confronto tra valutazione sensoriale PC_0 e PC_1 (valori medi di percezione). Test_0.	...191	Grafico 51. Valutazione dell'emozione <i>insoddisfazione</i> per singolo materiale (valori medi di percezione). Test_1.	...203
Grafico 32. Confronto tra valutazione sensoriale PET_0 e PET_1 (valori medi di percezione). Test_0.	...192	Grafico 52. Valutazione dell'emozione <i>vergogna</i> per singolo materiale (valori medi di percezione). Test_1.	...203
Grafico 33. Confronto tra valutazione sensoriale PMMA_0 e PMMA_1 (valori medi di percezione). Test_0.	...193	Grafico 53. Valutazione dell'emozione <i>paura</i> per singolo materiale (valori medi di percezione). Test_1.	...204
Grafico 34. Confronto tra valutazione sensoriale PP_0 e PP_1 (valori medi di percezione). Test_0.	...194	Grafico 54. Valutazione dell'emozione <i>tristezza</i> per singolo materiale (valori medi di percezione). Test_1.	...204
Grafico 35. Correlazione tra variazione di <i>desiderio</i> e parametri sensoriali. Test_0.	...196	Grafico 55. Valutazione dell'emozione <i>noia</i> per singolo materiale (valori medi di percezione). Test_1.	...205
Grafico 36. Correlazione tra variazione di <i>soddisfazione</i> e parametri sensoriali. Test_0.	...196	Grafico 56. Valutazione dell'emozione <i>desiderio</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_1.	...205
Grafico 37. Correlazione tra variazione di <i>orgoglio</i> e parametri sensoriali. Test_0.	...196	Grafico 57. Valutazione dell'emozione <i>soddisfazione</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_1.	...206
Grafico 38. Correlazione tra variazione di <i>speranza</i> e parametri sensoriali. Test_0.	...196	Grafico 58. Valutazione dell'emozione <i>orgoglio</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_1.	...206
Grafico 39. Correlazione tra variazione di <i>gioia</i> e parametri sensoriali. Test_0.	...197	Grafico 59. Valutazione dell'emozione <i>speranza</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_1.	...207
Grafico 40. Correlazione tra variazione di <i>disgusto</i> e parametri sensoriali. Test_0.	...197	Grafico 60. Valutazione dell'emozione <i>gioia</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_1.	...207
Grafico 41. Correlazione tra variazione di <i>fascino</i> e parametri sensoriali. Test_0.	...197	Grafico 61. Valutazione dell'emozione <i>fascino</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_1.	...208
Grafico 42. Correlazione tra variazione di <i>insoddisfazione</i> e parametri sensoriali. Test_0.	...197	Grafico 62. Valutazione dell'emozione <i>disgusto</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_1.	...208
Grafico 43. Correlazione tra variazione di <i>paura</i> e parametri sensoriali. Test_0.	...198	Grafico 63. Valutazione dell'emozione <i>insoddisfazione</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_1.	...209
Grafico 44. Valutazione dell'emozione <i>desiderio</i> per singolo materiale (valori medi di percezione). Test_1.	...199	Grafico 64. Valutazione dell'emozione <i>vergogna</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_1.	...209
Grafico 45. Valutazione dell'emozione <i>soddisfazione</i> per singolo materiale (valori medi di percezione). Test_1.	...199		
Grafico 46. Valutazione dell'emozione <i>orgoglio</i> per singolo materiale (valori medi di percezione). Test_1.	...200		

Grafico 65. Valutazione dell'emozione <i>paura</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_1.	...210	Grafico 85. Correlazione tra variazione di <i>insoddisfazione</i> e parametri sensoriali. Test_1.	...224
Grafico 66. Valutazione dell'emozione <i>tristezza</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_1.	...210	Grafico 86. Correlazione tra variazione di <i>paura</i> e parametri sensoriali. Test_1.	...224
Grafico 67. Valutazione dell'emozione <i>noia</i> per singolo panel (valori medi di percezione). Test_1.	...211	Grafico 87. Correlazione tra variazione di <i>tristezza</i> e parametri sensoriali. Test_1.	...224
Grafico 68. Confronto tra valutazione emozionale ABS_0 e ABS_1 (valori medi di percezione). Test_1.	...212	Grafico 88. Correlazione tra variazione di <i>noia</i> e parametri sensoriali. Test_1.	...224
Grafico 69. Confronto tra valutazione emozionale PC_0 e PC_1 (valori medi di percezione). Test_1.	...212		
Grafico 70. Confronto tra valutazione emozionale PET_0 e PET_1 (valori medi di percezione). Test_1.	...213		
Grafico 71. Confronto tra valutazione emozionale PMMA_0 e PMMA_1 (valori medi di percezione). Test_1.	...214		
Grafico 72. Confronto tra valutazione emozionale PP_0 e PP_1 (valori medi di percezione). Test_1.	...215		
Grafico 73. Confronto tra valutazione sensoriale ABS_0 e ABS_1 (valori medi di percezione). Test_1.	...216		
Grafico 74. Confronto tra valutazione sensoriale PC_0 e PC_1 (valori medi di percezione). Test_1.	...217		
Grafico 75. Confronto tra valutazione sensoriale PET_0 e PET_1 (valori medi di percezione). Test_1.	...218		
Grafico 76. Confronto tra valutazione sensoriale PMMA_0 e PMMA_1 (valori medi di percezione). Test_1.	...219		
Grafico 77. Confronto tra valutazione sensoriale PP_0 e PP_1 (valori medi di percezione). Test_1.	...220		
Grafico 78. Correlazione tra variazione di <i>desiderio</i> e parametri sensoriali. Test_1.	...222		
Grafico 79. Correlazione tra variazione di <i>soddisfazione</i> e parametri sensoriali. Test_1.	...222		
Grafico 80. Correlazione tra variazione di <i>orgoglio</i> e parametri sensoriali. Test_1.	...222		
Grafico 81. Correlazione tra variazione di <i>speranza</i> e parametri sensoriali. Test_1.	...223		
Grafico 82. Correlazione tra variazione di <i>gioia</i> e parametri sensoriali. Test_1.	...223		
Grafico 83. Correlazione tra variazione di <i>fascino</i> e parametri sensoriali. Test_1.	...223		
Grafico 84. Correlazione tra variazione di <i>disgusto</i> e parametri sensoriali. Test_1.	...223		

ABSTRACT

Versione italiana

Può il tempo diventare un parametro progettuale utile nella fase di selezione dei materiali?

Nella fase progettuale della selezione dei materiali molti parametri svolgono un ruolo fondamentale. Questi sono, ad esempio, le proprietà sensoriali e tecniche del materiale, l'ergonomia, la funzione del prodotto progettato, il suo contesto d'uso ecc. Tali parametri, e la loro specifica rilevanza, guidando il designer attraverso importanti scelte progettuali. In questa tesi abbiamo indagato la possibilità di inserire anche il parametro "tempo" in tale processo di selezione, slegandolo da un'idea di progettazione radicata nel semplice qui ed ora. Solo conoscendo come invecchiamo i materiali è infatti possibile progettare i prodotti in funzione della loro vita utile, destreggiandosi tra quelle che sono le modifiche che in essi avverranno, sia da un punto di vista formale che da un punto di vista percettivo.

Il metodo utilizzato consiste in due differenti fasi: la prima di analisi teorica sull'invecchiamento dei materiali, derivante da letteratura scientifica; la seconda di indagine sperimentale sulla valutazione emozionale e sensoriale di oggetti con differenti gradi di invecchiamento. Per analizzare la variazione emotiva sono stati effettuati due differenti test, nel primo sono stati analizzati i materiali declinati in artefatti, mentre nel secondo test è stato valutato il materiale quanto più possibile astratto da altre variabili (geometriche, cromatiche, etc.). Il fine perseguito dai test è l'identificazione delle variabili fisiche ed emotive che entrano in gioco nella percezione dell'invecchiamento di uno specifico materiale. I test sono stati condotti su un panel di 25 partecipanti, a cui è stato chiesto di valutare l'invecchiamento di cinque differenti materiali (ABS, PC, PET, PMMA e PP) sia dal punto di vista emozionale (attraverso l'utilizzo del software Premo) che dal punto di vista sensoriale (attraverso questionario con scala a cinque valori).

La ricerca ha dimostrato che esiste una variazione nel legame emozionale utente-prodotto dovuta al passaggio del tempo e che è lecito analizzarla con le metodologie utilizzate. L'analisi effettuata ha permesso inoltre di correlare specifiche variazioni emozionali con le proprietà sensoriali (tatto, vista, udito, odorato). Scopo della tesi è fornire al designer che voglia progettare un prodotto nel tempo, uno strumento di ricerca in grado di supportarlo nella scelta del materiale più adeguato rispetto all'effetto emozionale desiderato oltre che, ovviamente, il più adeguato rispetto alla funzione del prodotto stesso.

English version

During the materials selection many parameters are taken into account. These can be technical, emotional, technological, etc. In this paper we try to understand if it is possible to include also "time" as parameter useful in the right material choice.

The method used is divided into two phases: the first is a theoretical study (from literature) on ageing of products, while the second is an experimental evaluation of emotional responses as for new and old products. To analyze the emotional variation between different ageing stages we developed two tests: in the first the materials were presented as artifacts, while in the second one we eliminated variables as geometry and colors, trying to understand the role of the material itself. The panel was composed by 25 participants, that had to evaluate 5 different materials (ABS, PC, PET, PMMA, PP) both from the emotional (using the Premo software) and from the sensorial point of view (using a questionnaire of 5 grades scale).

The research demonstrates that exist a variation on the emotional perception, thanks to the passage of time. The results allowed us to correlate specific emotional variations with sensorial properties (tact, sight, hearing, smell). Advantages, limits and future developments are discussed and indicated.

1. IL CONTESTO

1.1 Design e consumo

La vita utile dei prodotti è radicalmente cambiata nell'ultimo trentennio, Jean Baudrillard, nel libro *La società dei consumi* afferma:

“Gli uomini dell’opulenza non sono più circondati, come è sempre avvenuto, da altri uomini bensì da oggetti. Essi determinano il nostro ambiente e li vediamo nascere completarsi e morire...mentre in tutte le civiltà precedenti erano gli oggetti, gli strumenti o i monumenti perenni a sopravvivere alle generazioni umane.”¹

Nella società moderna il consumo sembra essere diventato lo starter di ogni azione umana, esso crea bisogni artificiali nei consumatori, ovvero esigenze di prodotti che il pubblico non ha ancora preso in considerazione di acquistare. Ed è proprio attraverso il possesso che il consumatore afferma la sua volontà di crearsi un'identità.

“Con i consumi si dice qualcosa di noi stessi e si prende posizione sul tipo di mondo in cui ci si trova, lo si afferma o lo si dissente, ma anche si mettono in atto le strutture identitarie, le gerarchie, i ruoli, le inclusioni e le esclusioni”²

A partire dalla crisi economica del 1929 si individua la tendenza del design ad attuare una progettazione seducente nei confronti dei potenziali acquirenti, con il fine ultimo di incentivarne i consumi. Nasce così il fenomeno dello **styling** che, proponendo la definitiva separazione tra forma e funzione, che fino allora aveva caratterizzato il design, costituendone il nucleo fondativo, punta a rendere il prodotto superficialmente attraente a scapito di altre intrinseche qualità come, ad esempio, la convenienza eco-

¹ Baudrillard J., (2008), *La società dei consumi*, Il Mulino, Bologna.

² Fiorani E., (2001), *Il mondo degli oggetti*, Lupetti, Milano.

nomica. Per la prima volta si assiste alla scissione tra logoramento fisico degli oggetti e obsolescenza di gusto.³

Bruno Munari ricorda:

“Abbiamo avuto nel recente passato lo stile aerodinamico in cui non solo gli aerei e le auto avevano quella nota forma, ma anche i ferri da stiro, le carrozzine per neonati, le poltrone e (visto a Bologna) anche un carro funebre, che è il massimo al quale possa aspirare lo stile aerodinamico.”⁴

L'estetica degli oggetti perde quindi lo stretto legame con la funzionalità, diventando semplicemente un valore aggiunto del prodotto, utile per un maggiore apprezzamento del mercato. Da ciò deriva la rapida obsolescenza dei prodotti che, non rispondendo a bisogni reali degli utenti, risultano soggetti a mode passeggere.

“Tutte le soluzioni che vengono proposte sono valide per un dato tempo e per un dato spazio; ecco come il designer non può mai trovare una soluzione definitiva ad un problema, ma solo qualcosa di valido per quel contesto e quel momento considerati.”⁵

Questo ha portato ad un continuo re-design di prodotti, cioè ad una parziale modifica del loro aspetto esteriore (la carrozzeria) per renderli ancora apprezzabili dal mercato.

Altro fenomeno simbolo del *consumismo*⁶ moderno in cui ogni cosa, una volta usata, non merita più di essere conservata o riutilizzata è stata la nascita degli oggetti “usa e getta”. In contrasto alla loro breve vita funzionale, gli oggetti monouso presentano una vita materiale molto più lunga e inquinante, questo dipende dal fatto di non essere più consumati nella loro materialità, ma solo nella loro capacità di differenziazione. Spesso quando l'obsolescenza di gusto degli oggetti non coincide con il loro logoramento fisico vengono a crearsi implicazioni ambientalmente insostenibili.

“La società dei consumi quindi non consuma abbastanza, se per consumo s'intende un'utilizzazione esaustiva di ciò che è stato prodotto: la massa dei rifiuti non è altro che la manifestazione di questo scarto crescente tra ciò che produciamo e ciò che

3 Colombo F., (2005), *Atlante della comunicazione*, Hoepli, Milano.

4 Munari B., (2006), *Arte come Mestiere*, Economica Laterza, Roma.

5 Turinetti M., (2005), *Be different, il valore attrattivo del brand-design nelle imprese di moda*, Polidesign, Milano.

6 **Consumismo**: Fenomeno economico-sociale, tipico dei paesi a reddito elevato ma presente anche nei paesi in via di sviluppo, consistente nell'aumento dei consumi per soddisfare i bisogni indotti dalla pressione della pubblicità e da fenomeni d'imitazione sociale diffusi tra ampi strati della popolazione.

consumiamo.”⁷

Nasce così la definizione di “società dei rifiuti”, definizione più appropriata di quella corrente di “società dei consumi”, in quanto in realtà non “consumiamo” nulla, bensì trasformiamo beni materiali che consideriamo utili in altri che riteniamo inutili e quindi da gettare.⁸

È interessante considerare come la crescita dei consumi abbia portato ad un incremento nella produzione di rifiuti, che ha toccato il suo picco massimo nel 2007, con una media europea di 523 Kg/abitante di rifiuti prodotti⁹. Il quantitativo di rifiuti prodotti annualmente diventa perciò un parametro di misurazione del grado di “sviluppo” di un paese, valore comparabile al Prodotto Interno Lordo (PIL).

1.2 Un mondo in crisi

Il 15 settembre 2008, con il fallimento di Lehman Brothers, l'economia mondiale è entrata in una profonda crisi. Quella che era cominciata nell'agosto 2007 come una crisi finanziaria, si è improvvisamente aggravata diventando una crisi economica. In tutto il mondo, con una rapidità

inaspettata, l'attività industriale si è contratta fino a 25%, rispetto ad un calo dei consumi totali del 2%.¹⁰

Quali saranno le ripercussioni sul modello economico fino ad oggi applicato?

Da uno studio dell'unione europea, pubblicato sul giornale *The Economist* nel giugno 2009, emergono tre possibili scenari futuri (Grafico 1).

Il primo, detto della “ripresa completa” comporterà, in poco tempo, al ripristino della produzione ai livelli pre-crisi, e da lì tornerà a crescere come già faceva prima della crisi. Pur rimanendo il “buco” della mancata produzione, creatosi durante l'attuale crisi, la dinamica del sistema rimarrà immutata.

Il secondo scenario detto della “perdita permanente” è sicuramente meno ottimista. L'ipotesi è che il “buco” della mancata produzione non riesca più a colmarsi, come se una parte della capacità produttiva fosse perduta per sempre. Il tasso di crescita verrebbe riportato al tasso precedente alla crisi.

Il terzo scenario propone l'ipotesi peggiore: la “perdita crescente”, secondo il quale la recente crisi comporterà una perdita non più recuperabile della capacità produttiva ed un indebolimento della capacità di crescita.¹¹

7 Viale G., (1994), *Un mondo usa e getta, la civiltà dei rifiuti e i rifiuti della civiltà*, Feltrinelli, Milano.

8 Ruzzentini M., (2005), *Dal consumo critico alla critica del rifiuto*, Missione Oggi, Brescia.

9 Mazzella D., (2012), *Rapporto Rifiuti Urbani 2012*, Ispra, Roma.

10 Vaciago G., (2010), “Dalla crisi della finanza alla crisi economica: come ne usciamo?”, De Filippis F., Romano D., *Crisi economica e agricoltura*, Tellus, Roma, pp. 237-243.

11 Vaciago G., (2010), Op. Cit.

La crisi economica che stiamo attraversando è in realtà un episodio marginale inserito in una crisi più grande di cui stentiamo a riconoscere i contorni. Compito dei paesi maggiormente sviluppati è di attuare fin da subito politiche volte a contrastare quella che è stata definita la terza crisi, quella ecologica, che è alle porte e ci colpirà negli anni Trenta del terzo millennio.

“La crisi ecologica è costituita da un insieme di eventi con dinamiche molto complesse, che trasformerà i bisogni dei consumatori di tutto il pianeta e rivoluzionerà il modo di fare impresa. Si forgeranno nuovi mercati, emergeranno differenti modelli di consumo, nasceranno innovative filiere industriali e le nostre aziende non potranno restare alla finestra a guardare passivamente lo svolgersi di questi eventi epocali. Occorre il coraggio di entrare nel futuro e di farlo ora, impegnandosi ad attuare le strategie necessarie a sconfiggere la terza crisi. Affrontare immediatamente la terza crisi non è una scelta alternativa rispetto all’impegno che occorre mettere in campo da subito per superare la crisi economica. Le due cose si possono fare insieme e, anzi, si devono fare contemporaneamente, in quanto le buone soluzioni alla crisi ecologica sono le risposte migliori per uscire dalla crisi economica.”¹²

La crisi può diventare quindi l’occasione per una revisione profonda e lungimirante del modello di sviluppo attuale, troppo basata sulla ricchezza di pochi e sull’utilizzo di risorse non rinnovabili, al fine di correggerne le disfunzioni e le distorsioni.

12 Bonato D., (2011), *La terza Crisi*, Edizioni Ambiente, Milano.

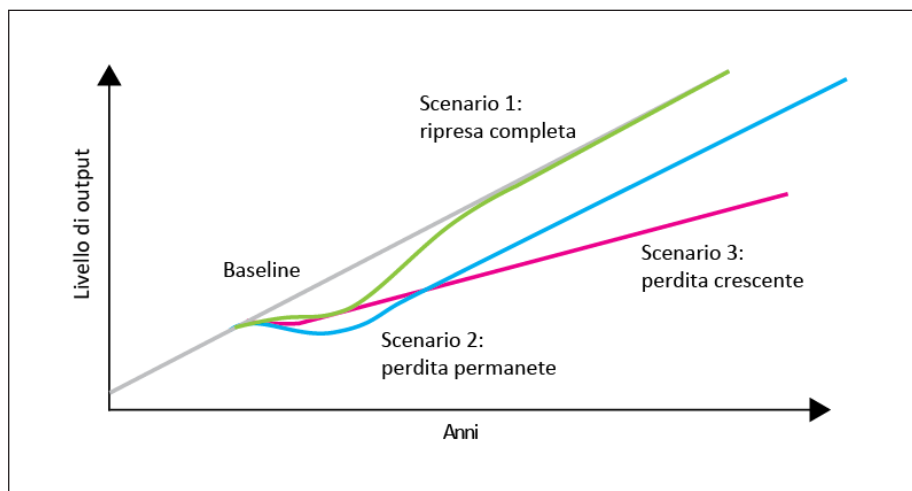


Grafico 1. Tre possibili scenari post 2010. Fonte: Vaciago G., (2010), Op. Cit.

“World class businesses fail because they are either unable or unwilling to discard old models of businesses when external forces have changed dramatically. We must now reinvent business to position for the age of capability,”¹³

Le aziende ed i Paesi che vorranno crescere nel futuro dovranno quindi cambiare le logiche economiche che fino ad ora le hanno guidate, è difficile infatti pensare ad uno sviluppo che continui a perseguire logiche che questa crisi hanno causato.

“La crisi ci obbliga a riprogettare il nostro cammino, a darci nuove regole e a trovare nuove forme di impegno, a puntare sulle esperienze positive e a rigettare quelle negative. La crisi diventa così occasione di discernimento e di nuova progettualità.”¹⁴

1.3 Lo sviluppo (in)sostenibile

“La natura richiede poco; ma ha smisurate esigenze chi vuol seguire le opinioni umane. I desideri che nascono dalla natura hanno un limite; quelli invece che derivano da falsa opinione sono senza fine”.

Lucio Anneo Seneca, Lettere a Lucilio, XVI

Nel 1987 la World Commission for Environment and Development (WCED), nel documento *Our Common Future* (detto anche rapporto Burtland dal nome della coordinatrice della commissione) viene data la prima definizione di sviluppo sostenibile:

“Lo sviluppo sostenibile è uno sviluppo che garantisce i bisogni delle generazioni attuali senza compromettere la possibilità che le generazioni future riescano a soddisfare i propri”.

Al centro di tale dichiarazione c’è sostanzialmente un impegno etico, con un chiaro riferimento al raggiungimento del benessere delle persone come espressione, anche, della qualità ambientale. Per la prima volta il concetto di sviluppo è stato associato all’aggettivo sostenibile, esplicitando chiaramente che il tipo di sviluppo fino ad allora perseguito, uno sviluppo senza aggettivi e pensato come la sola forma di sviluppo utilizzabile, non poteva più essere portato avanti.¹⁵

Questo concetto è stato ripreso e ampliato nella United Nations Conference on Environment and Development (UNCED), svoltasi a Rio de Janeiro nel 1992, che ha aggiunto alla definizione un impatto operativo:

13 Sheth J. N., Kellstadt C. H., (2010), Speaking at Singapore Management University (SMU).

14 Benedetto XVI, (2009), *Caritas in veritate*, Lettera enciclica del Sommo Pontefice. Libreria Editrice Vaticana, Città del Vaticano.

15 Vezzoli C., Manzini E., (2007), *Design per la sostenibilità ambientale*, Zanichelli, Bologna.

“Lo sviluppo sostenibile deve essere basato su attività tecniche di cooperazione, alleanze strategiche ed operative nel settore pubblico, partecipazione di imprese private nei processi decisionali della comunità sociale”.

Lo sviluppo sostenibile deve portare ad una economia sostenibile, che non intacchi l'equilibrio delle risorse naturali e possa continuare a svilupparsi adattandosi e utilizzando al meglio il miglioramento delle conoscenze, dell'organizzazione, delle capacità tecniche e di giudizio.

Wolfgang Sachs, nel libro *Futuro sostenibile* ricorda:

“Uno sviluppo economico che pretende di estendere uno stile di vita occidentale a una popolazione mondiale in crescita, sarà ecologicamente insostenibile. Le quantità di risorse necessarie per questo sono troppo grandi, troppo costose e troppo distruttive. Urge quindi mettere in discussione il modello di benessere dell'era industriale moderna [...] Difendere la causa della giustizia globale significa perciò reinventare il modello di benessere dominante. Ogni ascesa economica d'oggi deve fare i conti non solo con maggiori danni ambientali ma anche con risorse limitate. In questo dilemma si delinea quindi un bivio per lo sviluppo. O il benessere economico resta riservato a una minoranza sulla Terra, perché il modello di prosperità dominante non è in grado di produrre di più. Oppure si affermano stili di vita “leggeri”, capaci di offrire sufficiente benessere a tutta la popolazione della Terra. Senza ecologia non si potrà avere giustizia nel XXI secolo.”¹⁶

Critiche alla definizione di sviluppo sostenibile sono state mosse dagli esponenti del movimento di **Decrescita**¹⁷, essi ritengono infatti che il concetto stesso di sviluppo, seppur declinato nell'immagine di sostenibilità, sia ormai una teoria superata e inapplicabile alle economie moderne. È infatti impensabile continuare a sperare in una crescita economica che possa preservare le risorse ambientali e garantire una equità nella distribuzione delle ricchezze. Marie-Dominique Perrot, politologa sottolinea: *“La terra ha dei limiti e trattarla come qualcosa che si possa sfruttare all'infinito attraverso la mitizzazione del concetto di crescita, significa condannarla a scomparire. Non si può invocare la crescita illimitata e accelerata per tutti e allo stesso tempo chiedere che ci si preoccupi delle generazioni future. Il richiamo alla crescita e la lotta alla pov-*

¹⁶ Sachs W., Morosini M., (2011), *Futuro sostenibile. Le risposte eco-sociali alle crisi in Europa*, Edizioni Ambiente, Milano.

¹⁷ La parola **Décroissance** (Decrescita) apparve la prima negli anni '70 su diverse pubblicazioni francesi (Amar, 1976; Gorz, 1977; Georgescu-Roegen, 1979) in seguito al rapporto del Club di Roma del 1972, *The limits to growth*. Tuttavia il termine **Décroissance** diventa uno slogan attivista in Francia solo a partire dal 2001, in Italia dal 2004 (Decrescita), in Catalogna, Spagna dal 2006 (Decreixement and Decrecimiento), in Inghilterra dal 2008 (Degrowth).

ertà costituiscono solo delle formule magiche e delle parole d'ordine buone per tutte le stagioni. Si tratta dell'idea magica della torta della quale basta aumentare le dimensioni per nutrire tutto il mondo e che rende ‘innominabile’ la questione della possibile riduzione delle parti di alcuni.”¹⁸

Il movimento della Decrescita propone invece un cambio di mentalità, uscendo dalla prigione della crescita e cambiando il modo di produrre.¹⁹ La decrescita, o meglio l' a-crescita, viene definita come:

“Una proposta necessaria per ridare spazio all'inventiva e alla creatività dell'immaginario bloccato dal totalitarismo economicista, sviluppatista e progressista.”²⁰

*“Degrowth is defined as an equitable downscaling of production and consumption that increases human well-being and enhances ecological conditions at the local and global level, in the short and long term”.*²¹

In particolare Serge Latouche, economista e filosofo francese ricorda:

“Abbiamo bisogno di rinunciare a questa folle corsa verso un consumo sempre maggiore. Questo non è necessario soltanto per evitare la distruzione definitiva dell'ambiente terrestre, ma anche e soprattutto per uscire dalla miseria psichica e morale degli

¹⁸ Perrot M. D., (2001), *Globalizzare il non senso*, L'Age d'homme, Losanna.

¹⁹ Latouche S., (2008), *Breve trattato sulla Decrescita serena*, Bollani Boringhieri, Torino.

²⁰ Latouche S., (2008), Op. Cit.

²¹ Schneider F., Kallis G., Martinez-Alier J., (2010), *Crisis or opportunity? Economic degrowth for social equity and ecological sustainability*, Introduction to this special issue, Journal of Cleaner Production 18, pp. 511–518.

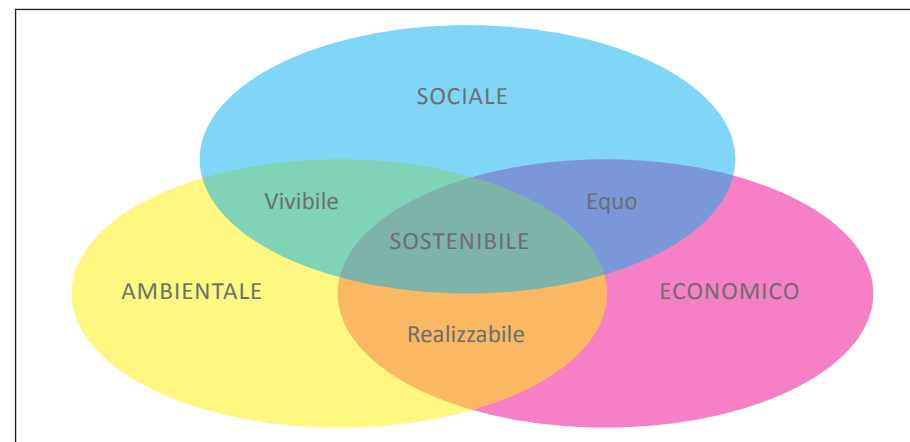


Immagine 1. Sviluppo sostenibile, sullo schema della definizione della WCED.

esseri umani contemporanei...Si tratta di mettere al centro della vita umana significati diversi dall'espansione della produzione e del consumo.

La minaccia più grave che pesa sul nostro pianeta probabilmente non è quella della distruzione provocata dal delirio della Megamacchina, ma il nostro accecamento e la nostra impotenza...

Ci rifiutiamo di fare la vera diagnosi della malattia, e ci accontentiamo di mascherarne i sintomi. E cerchiamo dei rimedi nell'aggravamento del male stesso. Proporre, contro lo sviluppo, uno sviluppo durevole, locale, sociale o alternativo, significa in fin dei conti cercare di prolungare il più possibile l'agonia del paziente nutrendo il virus che lo sta uccidendo."²²

La "società della decrescita" presuppone, inizialmente la drastica riduzione degli effetti negativi della crescita e, secondariamente, l'attivazione dei circoli virtuosi legati alla decrescita. Tale processo comporterebbe otto obiettivi interdipendenti, le 8 R: rivalutare, ricontestualizzare, ristrutturare, rilocalizzare, ridistribuire, ridurre, riutilizzare, riciclare. L'azione sinergica di tali approcci potrebbe portare nel tempo ad una decrescita serena, pacifica e conviviale.²³

1. **Rivalutare.** Rivedere i valori in cui crediamo e in base ai quali organizziamo la nostra vita, cambiando quelli che devono esser cambiati.
2. **Ricontestualizzare.** Modificare il contesto concettuale ed emozionale di una situazione, o il punto di vista secondo cui essa è vissuta, così da mutarne completamente il senso.
3. **Ristrutturare.** Adattare in funzione del cambiamento dei valori le strutture economico-produttive, i modelli di consumo, i rapporti sociali, gli stili di vita, così da orientarli verso una società di decrescita.
4. **Rilocalizzare.** Consumare essenzialmente prodotti locali, prodotti da aziende sostenute dall'economia locale. Di conseguenza, ogni decisione di natura economica va presa su scala locale, per bisogni locali.
5. **Ridistribuire.** Garantire a tutti gli abitanti del pianeta l'accesso alle risorse naturali e ad un'equa distribuzione della ricchezza, assicurando un lavoro soddisfacente e condizioni di vita dignitose per tutti.
6. **Ridurre.** Il consumo di risorse va ridotto sino a tornare ad un'impronta ecologica pari ad un pianeta, per assicurare a tutti condizioni di vita eque e dignitose.
7. **Riutilizzare.** Riparare le apparecchiature e i beni d'uso anziché gettarli in una discarica, superando così l'ossessione, funzionale alla società dei consumi, dell'obsolescenza degli oggetti e la continua "tensione al nuovo".

²² Latouche S., (2006), *Abbasso lo sviluppo sostenibile! Evviva la decrescita conviviale!*, Istrix, Torino.

²³ Latouche S., (2005), *Lo scenario del cambiamento. Il programma delle 8 R, La Decrescita*, www.decrescita.it, consultato il 21/10/2012.

8. **Riciclare.** Recuperare tutti gli scarti non decomponibili derivanti dalle nostre attività.²⁴

Fondamentale per la comprensione risulta la definizione di sostenibilità ambientale: "Ci si riferisce alle condizioni sistemiche per cui, a livello planetario e a livello regionale, le attività umane non disturbino i cicli naturali su cui si basano più di quanto la **resilienza**²⁵ del pianeta lo permetta e, allo stesso tempo, non impoveriscano il **capitale naturale**²⁶ che verrà trasmesso alle generazioni future. A queste due prescrizioni fondate su considerazioni di carattere prevalentemente fisico se ne aggiunge una terza di carattere etico: il principio di equità, per cui si afferma che nel quadro della sostenibilità, ogni persona (comprese quelle delle future generazioni) ha il diritto allo stesso **spazio ambientale**²⁷, cioè alla stessa disponibilità di risorse naturali globali."²⁸

È chiaro che il contesto di riferimento attuale è ben distante dalla definizione riportata, esempi ne sono l'uso dissennato di risorse non rinnovabili, il consumo forsennato di quelle rinnovabili, l'immissione nell'ambiente di sostanze di sintesi spesso nocive o non biodegradabili.

1.4 Modalità di intervento: ottimizzazione del ciclo di vita

Si stima che circa l'80% del totale di impatti ambientali connessi ai prodotti siano dovuti ad errori determinati nella fase di progettazione, risulta quindi di fondamentale importanza valutare fin dalle prime fasi progettuali l'intero *ciclo di vita* del singolo prodotto.

*"Il concetto di ciclo di vita fa riferimento agli scambi (input e output) tra l'ambiente e l'insieme dei processi che accompagnano la nascita, la vita e la morte di un prodotto-servizio."*²⁹

La disciplina progettuale che considera ed integra nel processo di design i requisiti

²⁴ Latouche S., (2005), Op. Cit.

²⁵ La **resilienza** di un ecosistema è la sua capacità di subire un'azione di disturbo senza uscire irreversibilmente dalla condizione di equilibrio.

²⁶ Il **capitale naturale** è l'insieme delle risorse non rinnovabili e delle capacità sistemiche dell'ambiente di riprodurre le risorse rinnovabili.

²⁷ Lo **spazio ambientale** è il quantitativo di energia, acqua, territorio, materie prime che può essere usato in maniera sostenibile.

²⁸ Vezzoli C., Manzini E., (2007), *Design per la sostenibilità ambientale*, Bologna, Zanichelli. Citato in Ostuzzi F., (2010), *Gli oggetti (in) della crisi*, tesi di laurea, Politecnico di Milano, Milano.

²⁹ Vezzoli C., Manzini E., (2007), Op. Cit.

ambientali si chiama Life Cycle Design (LCD). Obiettivo del LCD è quello di ridurre il carico ambientale associato ad un prodotto nell'intero ciclo di vita e in relazione alla sua **unità funzionale**³⁰.

Nello specifico le fasi del ciclo di vita sono:

- Pre-produzione
- Produzione
- Distribuzione
- Uso
- Fine vita

Ciascuna fase è ulteriormente suddivisa nei singoli processi atti alla produzione del prodotto specifico.

Secondo il LCD il prodotto deve quindi essere progettato tenendo conto di tutte le fasi del suo ciclo di vita. Questo implica il passaggio dalla progettazione del singolo prodotto alla progettazione dell'intero sistema-prodotto, inteso come l'insieme di prodotti che lo determinano e accompagnano durante il suo ciclo di vita. Si impone quindi una visione sistemica di prodotto in cui input e output, di energia e materiali, nonché tutte le emissioni e rifiuti prodotti nelle varie fasi, siano ridotti al minimo, in termini quantitativi e qualitativi, valutando di volta in volta la dannosità degli effetti. La progettazione a ciclo di vita consente quindi al progettista di identificare con maggiore chiarezza ed efficacia gli obiettivi di riduzione dell'impatto ambientale, individuando fin dalla fase progettuale l'insieme di conseguenze correlate alla proposta di uno specifico prodotto. L'approccio LCD permette quindi di individuare le priorità dello specifico prodotto, con l'unico svantaggio di una maggiore complessità progettuale, dovuta alla gestione di input e output dei singoli processi e dei loro impatti ambientali e dalla difficile prevedibilità degli scenari di smaltimento dei prodotti a fine vita.³¹

Di seguito verranno elencate le maggiori strategie della progettazione LCD, riportate nel testo di Vezzoli C. e Manzini E., *Design per la sostenibilità ambientale*.

- **Minimizzazione delle risorse:** riduzione dell'uso di materiali ed energia.
- **Scelta di risorse e processi a basso impatto ambientale:** selezione di materiali, processi, e fonti energetiche a maggiore eco-compatibilità.
- **Ottimizzazione della vita dei prodotti:** progettazione di artefatti durevoli nel tempo ed usabili intensamente.
- **Estensione della vita dei materiali:** progettazione in funzione della valorizzazione dei materiali dismessi tramite riciclaggio, compostaggio o recupero energetico.
- **Facilitazione del disassemblaggio:** progettazione in funzione della separazione di parti e/o materiali.

30 L'**unità funzionale** è la prestazione del prodotto rispetto al quale sono fatte le valutazioni. In altri termini, non è tanto il prodotto fisico che deve essere soggetto di studio, quanto la sua funzione, cioè il servizio o il risultato che esso eroga.

31 Vezzoli C., Manzini E., (2007), Op. Cit.

(Ogni strategia può essere perseguita mediante specifiche opzioni progettuali e linee guida, la cui definizione si rimanda al testo *Design per la sostenibilità ambientale*).

Prima di iniziare la fase di progetto il designer dovrebbe identificare, a seconda del tipo di prodotto e della sua funzione, una precisa gerarchia di priorità strategiche ovvero identificare e quantificare il grado di rilevanza di ogni singola strategia. Tuttavia spesso le varie strategie attuabili sono tra loro strettamente correlate, rendendo perciò difficile lo sviluppo di questa fase preliminare di gerarchizzazione delle strategie sostenibili.

La presente tesi di ricerca si concentrerà sulla strategia di **ottimizzazione della vita dei prodotti**, in quanto ritenuta una strategia trasversale a tutto il ciclo di vita del prodotto. Essa prevede infatti una progettazione consapevole degli scenari futuri e delle modalità d'uso e fruizione del prodotto nonché una approfondita conoscenza dei materiali e delle componenti del prodotto stesso, e della loro possibile evoluzione o degrado a seguito dell'uso e del tempo. Un prodotto più durevole di un altro, che abbia la stessa funzione, risulta evidentemente meno impattante di uno uguale caratterizzato da un ciclo di vita più breve. La strategia di ottimizzazione si concentra quindi sulla gestione della *vita utile* di un prodotto, definita come la misura della quantità di tempo in cui il prodotto e i suoi materiali, in condizioni normali d'uso, possono durare

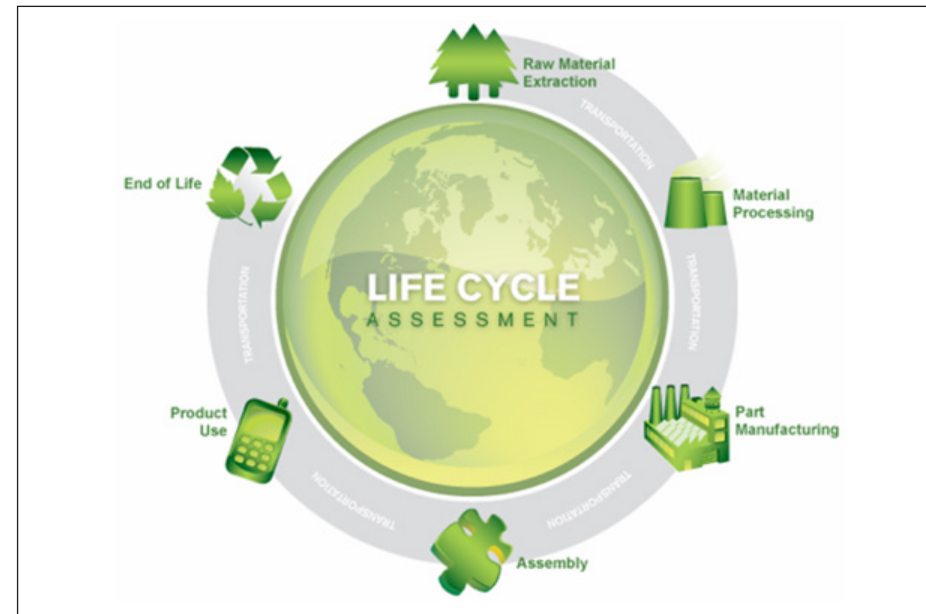


Immagine 2. Schema del ciclo di vita di un generico prodotto.

Fonte: www.greenactions.it

conservando le proprie prestazioni e il proprio comportamento ad un livello standard accettato e prestabilito. Il termine della vita utile viene sancito dalla dismissione del prodotto. Le ragioni che solitamente portano alla dismissione sono dovute a:

- Difettosità riscontrate fin dalla fase produttiva, che compromettono la funzionalità del prodotto (fase di pre-produzione e produzione).
- Il degrado delle prestazioni e la fatica strutturale causata dalla normale usura per il ripetuto uso del prodotto (fase d'uso).
- La degradazione per cause ambientali o chimiche (fase d'uso).
- Danni causati da incidenti o usi impropri che comportano la rottura del prodotto (fase d'uso).
- Obsolescenza tecnologica (fase d'uso).
- Obsolescenza culturale ed estetica (fase d'uso).

Di seguito vengono riportati alcuni approcci progettuali volti ad allungare il ciclo di vita di un prodotto, tratti dalla tesi di laurea *Gli oggetti (in) della crisi*³² di Ostuzzi F. e ripresi nel testo *Il valore dell'imperfezione. L'approccio wabi sabi al design*³³.

1_Unico industriale (fase di produzione del prodotto)

Il metodo proposto si occupa di rivalutare i materiali o i prodotti che nei normali cicli produttivi verrebbero scartati a causa di errori o difetti di produzione che, seppur non compromettendo la funzionalità del prodotto o del materiale, rendono l'oggetto meno appetibile agli occhi dell'utente.

Obiettivo è quello di rivalutare gli oggetti unici/industriali, ovvero oggetti che, seppur prodotti in maniera seriale, presentano difettosità che li rendono unici, creando un valore aggiunto agli stessi. Compito del progettista è quello di assegnare nuove funzionalità, interpretazioni e valori a prodotti che prima risultavano difficilmente commercializzabili.

2_Segni del tempo e dell'uso (fase d'uso del prodotto)

L'approccio si occupa di rivalutare i segni dovuti all'uso dei prodotti ed al passaggio del tempo. Fondamentale risulta la comprensione dei fenomeni che andranno a modificare l'oggetto e i materiali di cui è composto nel lungo periodo. Compito del progettista diventa quello di progettare il prodotto prendendo in considerazione la possibile apparsa di tali cambiamenti.

3a_Rottura e riparazione (fase d'uso del prodotto)

L'approccio si occupa della riparazione del prodotto a seguito della sua rottura. Compito del progettista è quello di pensare il prodotto con specifiche rigide, che rendano

in grado il prodotto di avere una grande flessibilità nel tempo, in modo da renderlo personale e reinterpretabile.

3b_Rottura e seconda vita (fase d'uso del prodotto)

L'approccio partendo dal tema della rottura ne ipotizza una seconda vita tramite nuovi scenari di utilizzo. Compito del progettista è quello di progettare immaginando possibili "nuove vite" conferibili al prodotto al seguito della rottura dello stesso. In quest'ottica viene inserito anche il riuso del prodotto.

Ai fini della ricerca di tesi si è scelto di approfondire la strategia **2_Segni del tempo e dell'uso**, andando ad indagare in particolare il **valore del tempo** sui materiali che compongono i prodotti.

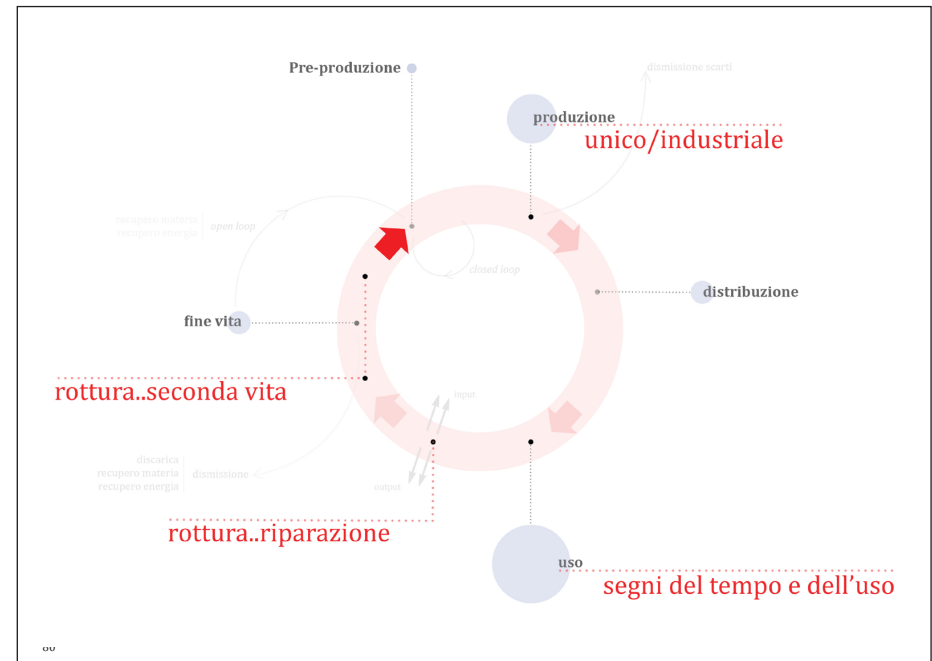


Immagine 3. Schema del ciclo di vita con evidenziata la collocazione dei diversi approcci progettuali nel ciclo di vita del prodotto. Fonte: Ostuzzi F., (2010), Op. Cit.

³² Ostuzzi F., (2010), Op. Cit.

³³ Ostuzzi F, Salvia G., Rognoli V., Levi M., (2011), *Il valore dell'imperfezione. L'approccio wabi sabi al design*, Franco Angeli, Milano.

1.5 Bibliografia del capitolo

- Baudrillard J., (2008), *La società dei consumi*, Il Mulino, Bologna.
- Benedetto XVI, (2009), *Caritas in veritate*, Lettera enciclica del Sommo Pontefice. Libreria Editrice Vaticana, Città del Vaticano.
- Bonato D., (2011), *La terza Crisi*, Edizioni Ambiente, Milano.
- Colombo F., (2005), *Atlante della comunicazione*, Hoepli, Milano.
- Fiorani E., (2001), *Il mondo degli oggetti*, Lupetti, Milano.
- Latouche S., (2006), *Abbasso lo sviluppo sostenibile! Evviva la decrescita conviviale!*, Istrix, Torino.
- Latouche S., (2008), *Breve trattato sulla Decrescita serena*, Bollani Boringhieri, Torino.
- Latouche S., (2005), *Lo scenario del cambiamento. Il programma delle 8 R, La Decrescita*, www.decrescita.it, consultato il 21/10/2012.
- Mazzella D., (2012), *Rapporto Rifiuti Urbani 2012*, Ispra, Roma.
- Munari B., (2006), *Arte come Mestiere*, Economica Laterza, Roma.
- Ostuzzi F, Salvia G., Rognoli V., Levi M., (2011), *Il valore dell'imperfezione. L'approccio wabi sabi al design*, Franco Angeli, Milano.
- Perrot M. D., (2001), *Globalizzare il non senso, L'Age d'homme*, Losanna.
- Schneider F., Kallis G., Martinez-Alier J., (2010), *Crisis or opportunity? Economic degrowth for social equity and ecological sustainability*, Introduction to this special issue, *Journal of Cleaner Production* 18, pp. 511–518.
- Ruzzentini M., (2005), *Dal consumo critico alla critica del rifiuto*, Missione Oggi, Brescia.
- Sachs W., Morosini M., (2011), *Futuro sostenibile. Le risposte eco-sociali alle crisi in Europa*, Edizioni Ambiente, Milano.
- Sheth J. N., Kellstadt C. H., (2010), *Speaking at Singapore Management University (SMU)*.
- Turinetto M., (2005), *Be different, il valore attrattivo del brand-design nelle imprese di moda*, Polidesign, Milano.
- Vaciago G., (2010), "Dalla crisi della finanza alla crisi economica: come ne usciamo?",

De Filippis F., Romano D., *Crisi economica e agricoltura*, Tellus, Roma, pp. 237-243.
Vezzoli C., Manzini E., (2007), *Design per la sostenibilità ambientale*, Zanichelli, Bologna.

2. IL TEMPO

2.1 Il tempo nei prodotti

*“Io che nulla amo più
dello scontento per le cose mutabili,
così nulla odio più del profondo scontento
per le cose che non possono cambiare.”*

Bertolt Brecht

Gli oggetti cambiano, evolvono nel tempo fino a giungere ad un naturale declino. Troppo spesso però la progettazione viene fatta pensando all’oggetto nuovo, intonso nelle vetrine dei supermercati, senza considerare che il tempo irrimediabilmente agirà su di esso, cambiandolo indelebilmente.

“La superficie di qualunque “cosa”, si essa un oggetto o un luogo, è intaccata dal tempo, riposa nel tempo. Viene corrosa, sporcata, impolverata in ogni istante. Sono la sua caducità e la sua fragilità che la fanno vivere nel trascorrere delle ore, dei giorni, degli anni.”¹

Il tempo è quindi un parametro fondamentale della progettazione, in quanto attore principale della mutevolezza di tutto ciò che ci circonda. Difficile spiegare cosa sia il tempo, il vocabolario Treccani lo definisce come:

*“**tempo.** L’intuizione e la rappresentazione della modalità secondo la quale i singoli eventi si susseguono e sono in rapporto l’uno con l’altro (per cui essi avvengono prima, dopo, o durante altri eventi), vista volta a volta come fattore che trascina ineluttabilmente l’evoluzione delle cose (lo scorrere del t.) o come scansione ciclica e periodica*

¹ Peregalli R., (2010), *I luoghi e la polvere, sulla bellezza dell’imperfezione*, Bompiani, Milano.



Immagine 1. Tempo come patina e polvere. Fonte: Danico design.

dell'eternità, a seconda che vengano enfatizzate l'irreversibilità e caducità delle vicende umane, o l'eterna ricorrenza degli eventi astronomici; tale intuizione fondamentale è peraltro condizionata da fattori ambientali (i cicli biologici, il succedersi del giorno e della notte, il ciclo delle stagioni, ecc.) e psicologici (i vari stati della coscienza e della percezione, la memoria) e diversificata storicamente da cultura a cultura."²

Il tempo modifica l'originario aspetto delle cose per portarle alle forme attuali, la sua forza entra in azione quando finisce la produzione, con il tempo comincia la vita dell'oggetto³.

"Dal giorno in cui una statua è stata terminata, comincia, in un certo senso la sua vita. E' superata la prima fase, che, per l'opera dello scultore, l'ha condotta dal blocco alla forma umana; ora una seconda fase, nel corso dei secoli, attraverso un alternarsi di adorazione, di ammirazione, di amore, di spregio o di indifferenza, per gradi successivi di erosione e di usura, la ricondurrà a poco a poco allo stato di minerale informe a cui l'aveva sottratta lo scultore. [...]

Questi materiali duri, modellati a imitazione delle forme della vita organica hanno subito, a loro modo, l'equivalente della fatica, dell'invecchiamento, della sventura. Sono mutati come il tempo ci muta.

Gli scempi dei cristiani o dei barbari, le condizioni in cui hanno trascorso sotto terra i secoli di abbandono sino alla scoperta che ce li ha restituiti, i restauri sapienti o insensati di cui si avvantaggiarono o soffersero, le incrostazioni o la patina falsa e autentica, tutto, fino all'atmosfera dei musei ove nei nostri tempi sono rinchiusi, ne segna per sempre il corpo di metallo o di pietra.

Talune di queste modificazioni sono sublimi. Alla bellezza come l'ha voluta un cervello umano, un'epoca, una particolare forma di società, aggiungono una bellezza involontaria, associata ai casi della Storia, dovuta agli effetti delle cause naturali e del tempo. Statue spezzate così bene che dal rudere nasce un'opera nuova, perfetta nella sua stessa segmentazione: un piede nudo che non si dimentica, poggiato su una lastra, una mano purissima, un ginocchio piegato in cui si raccoglie tutta la velocità della corsa, un torso che nessun volto ci impedisce di amare, un seno o un sesso di cui riconosciamo più che mai la forma del fiore o del frutto, un profilo ove la bellezza sopravvive in un'assenza assoluta di aneddoto umano o divino, un busto dai tratti corrosi, sospeso a mezzo tra il ritratto e il teschio. Così un corpo scabro somiglia a un blocco sgrossato dalle onde; un frammento mutilo si differenzia appena dal sasso o dal ciottolo raccolto su una spiaggia dell'Egeo."⁴

² Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti Treccani, www.treccani.it, consultato il 26/06/2012.

³ Villa L., (2011), *Time Lapse*, tesi di laurea, Politecnico di Milano.

⁴ Yourcenar M., (1944), *Il tempo, grande scultore*, Einaudi, Torino.

Il tempo porta con se il mutamento, trasformando oggetti perfetti in oggetti ricchi di imperfezioni. La sfida è quindi quella di accettare le imperfezioni provando addirittura a valorizzarle.

*“Errare umano est: l'imperfezione è propria delle attività dell'Uomo, del suo esistere, e in quanto tale deve essere valorizzata, perché più reale della perfezione assoluta. L'imperfezione è naturale e la Realtà fine ultimo della rappresentazione dei difetti. Difetoso non significa Bello, ma neanche propriamente Brutto: il suo valore è da ricercarsi altrove e più precisamente nell'effetto di Verità che esso sottende. Difetto è Verità, fino a prova contraria. Ecco perché il difetto è anticlassicista: perché differenzia una creazione, un artefatto, un'occorrenza comunicativa da tutte le altre, perché non potrà mai eguagliare se stesso o essere riprodotto in serie, perché è unico e distintivo, non segue mai un modello prestabilito.”*⁵

Valorizzare quindi il difetto, il disordine, l'asimmetria, l'irregolarità e la mancanza di equilibrio, al fine di capovolgere il punto di osservazione dell'utente, inducendolo a guardare il suo oggetto inizialmente uniforme e armonico sotto una nuova luce.

Molti oggetti invecchiando sembrano diminuire di valore, perdendo quella sensazione di freschezza e novità e che naturalmente risulta attrattiva nella prima fase d'uso. Il concetto di novità è un mix complesso di caratteristiche sensoriali differenti che comprendono il particolare odore degli oggetti nuovi, la purezza del colore, l'integrità delle superfici, la piacevolezza del suono o la mancanza dello stesso, la consistenza della superficie e la sua pulizia e la mancanza di usura visibile⁶. Nella società contemporanea, dedicata al consumo rapido, la valorizzazione della maturità dell'oggetto diventa quindi una delle maggiori sfide per il progettista, in quanto il piacere legato alla novità ha come sua caratteristica intrinseca quella di perdere di valore fin dall'inizio.

Martin Woolley, nel suo lavoro *Choreographing Obsolescence* ricorda: *“The control of pleasure was directly linked to the control of dissatisfaction and it became increasingly difficult to separate out the 'natural' physical decline of products over time, from the 'contrived' dissatisfaction deliberately and often collectively engendered by manufacturers. In contemporary terms, the maintenance of pleasure throughout the lifetime of the product and the extension of product life through extended pleasure, have become imperatives for environmental reasons.”*

⁵ Rampiconi M.C., (2005), *Imperfezione, il fascino discreto delle cose storte*, Castelveccchi, Roma.

⁶ Woolley M., (2003), *Choreographing Obsolescence – Ecodesign: the Pleasure/Dissatisfaction Cycle, Designing Pleasurable Products and Interfaces Conference*, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, USA.

Le esigenze di redditività a breve termine portano i produttori a privilegiare la realizzazione di prodotti la cui gradevolezza è legata ad un piacere di uso precoce, riducendo al minimo piacere di uso prolungato, al fine di assicurare un breve ciclo di sostituzione del prodotto.

*“The temporal relationship between products and cultural value is a complex and important field for designers hoping to extend the emotional life of new products.”*⁷

Assistiamo quindi a fenomeni di obsolescenza programmata, che già sono stati introdotti nel precedente capitolo⁸. Di seguito viene riportata la tabella 1, che relaziona le varie fasi della vita di un prodotto con la percezione ed il piacere scaturito dal rapporto tra l'utente ed il prodotto. Il ciclo di soddisfazione/insoddisfazione viene suddiviso in 5 fasi, di cui l'ultima risulta la più ambita dal progettista, è infatti attraverso il raggiungimento della stessa che diviene possibile spezzare i cicli imposti dal mercato, che portano a dismissione precoce finalizzata a nuovi acquisti. La fase 5 rappresenta il raro caso in cui il prodotto produce nell'utilizzatore un livello di soddisfazione a lungo termine, diventando un cimelio o un 'product for life'. In questa fase l'utente crea infatti un legame affettivo con l'oggetto, investendolo di un sentimento di soddisfazione e rispetto in grado, alle volte, addirittura di trascendere la funzionalità pratica.

Progettare la durabilità nel tempo non significa solamente fare oggetti più robusti o più facilmente riparabili, ma prevedere come gli oggetti si evolveranno e, quindi, come la piacevolezza d'uso possa essere estesa anche alle fasi di deterioramento estetico degli stessi, al fine di allontanare la fase di dismissione e smaltimento. L'idea di allungare la vita utile dei prodotti esclusivamente mediante l'ottimizzazione delle loro caratteristiche fisiche e costruttive può comportare paradossalmente il rischio di produrre solamente rifiuti più longevi e quindi, in ultima analisi, più difficili da smaltire. È

⁷ Woolley M., (2003), Op. Cit.

⁸ Design e Consumo, pp. 23-24

	Phase	Pleasure	Change	Outcome
1	Prepurchase	anticipation	growing pleasure	arousal
2	Short-term	exploration	optimum pleasure	excitement
3	Medium term	application	decreasing pleasure	assimilation
4	Long-term	use	pleasure to dissatisfaction	disinterest or boredom
DISPOSAL OR RETENTION				
5	Beyond	satisfaction	life-time pleasure in ownership	respect

Tabella 1. Piacere d'utilizzo. Fonte: Woolley M., (2003), Op. Cit.

fondamentale quindi l'intervento del progettista sul ciclo del piacere legato al prodotto, in modo da riuscire a superare il critico step della fase 4, in cui il piacere d'uso può tramutarsi in insoddisfazione, portando al disfacimento del bene stesso⁹. In esso troviamo i range di durabilità di diverse categorie di prodotto, nonché le caratteristiche ed i sentimenti ad esse correlate.

2.2 Il tempo e la memoria: Patina

L'unico modo per evitare l'obsolescenza precoce degli oggetti è quello di rendere i prodotti in grado di evolvere insieme agli utenti, rivelando la loro vera bellezza solo attraverso lo scorrere del tempo¹⁰. Così come un piatto d'argento acquista valore nel tempo grazie alla polvere che si posa nelle sue modanature, facendo risaltare in un gioco di chiaroscuri la preziosità del materiale, noi designers dovremmo imparare a progettare in funzione delle modifiche che avverranno nel tempo. Le caratteristiche

9 Woolley M., (2003), Op. Cit.

10 Chapman J., (2005), *Emotionally Durable Design: Objects, Experiences and Empathy*, Earthscan, Londra.

	Sector	Example	Characteristics	Pleasure
Time-specific	ephemera	"event" products	low durability	short-lived intense
Time-related	fashion	clothing collections	variable durability determined by market	seasonal intense
Time-resistant	consumer durables	high spec kitchen utensils	durability limited by manufacturing cost/competition	limited duration moderate
Time-proofed	contract equipment	catering cooking ranges	good physical durability	lengthy duration moderate
Timeless	collectables	'classic' chairs	notable historical references – as seminal, influential, novel	indefinite intense

Tabella 2. Ciclo del tempo di generici settori di prodotto. Fonte: Woolley M., (2003), Op. Cit.

di invecchiamento dei materiali potrebbero essere sfruttate ad esempio per generare nuovi oggetti dalle caratteristiche evolutive.

Il parametro tempo, visto in questa ottica, permetterebbe all'utente di apprezzare la progressiva evoluzione (o decadenza) degli oggetti; essere potrebbero così evolvere dolcemente attraverso il tempo, mutevoli e dinamici. Viceversa il rischio risulta quello di una "caduta in disgrazia" inesorabile ed innescata nel momento in cui le loro superfici lucide e cariche di novità iniziano a sgretolarsi.

I materiali di cui sono fatti gli oggetti si modificheranno nel tempo: il legno acquisterà quella lucentezza un po' grassa, si schiarirà o brunirà così come il marmo o la pietra; il metallo perderà la lucentezza iniziale sfaldandosi e arrugginendosi o acquistando una patina differente; la plastica ingiallirà, si scolorirà e si creperà. Che ci piaccia o no, le cose invecchiano, ed è quindi importante per noi iniziare a progettare per l'invecchiamento auspicabile, accettando la mortalità che attende tutta la materia presente sul nostro pianeta. In quest'ottica graffi, tagli, ingiallimenti, rotture, crepe, macchie, scolorimenti, di solito percepiti come brutte cicatrici sui nostri oggetti, acquistano invece un nuovo significato: la patina. Il vocabolario Treccani definisce la patina come:

"patina. *Velatura, oscuramento o alterazione dello strato superficiale del colore che subiscono col tempo, per l'azione della luce e degli agenti atmosferici, i dipinti, le opere di scultura e d'architettura, e sim.; è detta anche, spec. dagli storici dell'arte, p. del tempo, locuz. usata talvolta in senso fig. per indicare l'impressione suscitata da cose (sia oggetti materiali, sia opere letterarie, musicali, di studio, e sim.) sentite come ormai superate o comunque appartenenti a tempi lontani.*"¹¹

La patina si presenta quindi come un valore intermedio in grado di relazionare l'usura delle superfici all'emozione legata allo scorrere del tempo sugli oggetti. Roberto Peregalli nel suo *I luoghi e la polvere, sulla bellezza dell'imperfezione* dedica un intero capitolo all'importanza della patina di luoghi e oggetti:

"La patina, come la polvere, si deposita sulle cose. Dà loro vita. Le inserisce nel tempo. Ciò che da consistenza alla nostra vita e la rende accettabile è la patina del tempo. La certezza che i luoghi e le cose deperiscono serenamente. È questa una "decrescita" estetica, un principio che vede nella caducità la traccia della loro bellezza."¹²

Usura e graffi diventano segni visibili del tempo passato, arricchendo il prodotto, mostrandone i segni di vita, dell'uso e altre indicazioni altrimenti indecifrabili sulla vita segreta dell'oggetto stesso. La patina viene vista quindi come portatore di memoria di un oggetto.

11 Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti Treccani, www.treccani.it, consultato il 26/06/2012.

12 Peregalli R., (2010), Op. Cit.

“Le rovine, gli oggetti usati, o semplicemente gli oggetti che raccontano il loro processo, segnati, rotti rovinati, invecchiati generano in noi una serie di domande: in che modo l’oggetto ha vissuto il precedente? Da chi è già stato toccato? Come ha fatto ad arrivare a noi? Perché genera ricordi positivi o negativi? Gli oggetti, attraverso la memoria, provocano connessioni con la nostra storia personale.”¹³

Un esempio di ciò si può trovare nell’articolo *“Temporal Transformation of Materials: Can Designers Harness the Effects of Time to Create a Contemporary Aesthetic of ‘Worldliness’ within New Products?”*¹⁴ in cui l’autrice, contestualmente alla scoperta di uno strappo su un vecchio foulard della nonna afferma:

“I was pleased. The scarves already meant more to me than mere objects bought from a shop, but discovering the holes added to remembrance by making past time visible, tangible and telling. The slight imperfections brought animation to otherwise inert polyester and evidenced the disorder of a real life.”¹⁵

La patina descrive le alterazioni di una superficie fisica, confermando implicitamente la storia e l’autenticità di un prodotto. Dalla maniglia della porta lucidata dalla tocco di mille mani alla vernice scheggiata di una bicicletta l’accumulo di patina eleva gli oggetti al di sopra dell’anonimato dei prodotti di massa, rendendoli unici e irripetibili. Solo gli oggetti che sono in grado di ostentare con sicurezza le cicatrici che segnano il loro corpo sono in grado di invecchiare con dignità. Ed è attraverso l’invecchiamento delle superfici che i nostri oggetti assumo una carisma, un carattere personale dovuto ad un invecchiamento vissuto in maniera consapevole. La patina è il segno visibile di un’usura senza eccessi, il cui valore non può essere colto appieno senza l’equilibrio con la conservazione della struttura funzionale, materiale ed iconica del manufatto. La patina diventa quindi condizione necessaria, se non indispensabile, per la progettazione destinata all’estensione di vita di un prodotto, che possa avvenire in modo equilibrato e socialmente accettabile.¹⁶

13 Villa L., (2011), Op. Cit.

14 Candy F. J., Sommerville S., Kalviainen M., Oksanen H., (2004), *Temporal Transformation of Materials: Can Designers Harness the Effects of Time to Create a Contemporary Aesthetic of ‘Worldliness’ within New Products?*. Citato in Ostuzzi F., (2010), *Gli oggetti (in) della crisi*, tesi di laurea, Politecnico di Milano.

15 Candy F. J., Sommerville S., Kalviainen M., Oksanen H., (2004), Op.Cit.

16 Chapman J., (2005), Op. Cit.

2.3 Il tempo nell’ottica wabi sabi¹⁷

Attraverso la visione estetica giapponese denominata wabi sabi è possibile concepire una valorizzazione dell’invecchiamento e della transitorietà delle cose. Il wabi sabi viene infatti definito come:

“Un intuitivo apprezzamento della transitorietà della bellezza del mondo fisico, che riflette l’irreversibile flusso della vita nel mondo spirituale. E’ una raffinata bellezza che risiede in ciò che è modesto, rustico, imperfetto o addirittura decadente, una sensibilità estetica che trova una melanconica bellezza nella transitorietà di tutte le cose.”¹⁸

Wabi sabi è quindi la bellezza di ciò che ha una storia e con fierezza ne riporta i segni. Un oggetto wabi sabi non solo si adegua al degrado e all’usura ma è proprio attraverso la corrosione e la contaminazione che arricchisce la sua valenza espressiva, valutando l’imperfezione materica come un ideale da perseguire. È infatti impossibile ottenere oggetti perfetti, niente di ciò che esiste al mondo è esente da imperfezioni, e man mano che le cose iniziano ad invecchiare, avvicinandosi al loro stato primordiale, diventano ancora meno perfette, ancor più irregolari. Nell’ottica wabi sabi tutte le cose sono temporanee in quanto tutto si consuma, la tendenza/regressione verso “il nulla” è inesorabile e universale e porta qualsiasi cosa a svanire nel nulla.

Il wabi sabi si pone come un riconoscimento estetico e filosofico della transitorietà della vita, le immagini che ci propone ci costringono a riflettere sulla nostra stessa mortalità, evocando una delicata tristezza e la solitudine esistenziale. Accettare quindi l’inevitabile, valorizzandone i segni.

L’estetica wabi sabi porta nei processi di progettazione l’evocazione di un processo naturale. La scelta dei materiali, palesemente vulnerabili agli agenti atmosferici e alla manipolazione umana, comporterà inevitabilmente al loro successivo degrado. Ma sono proprio questi materiali esposti alle incurie del tempo a registrare sul loro fragile corpo sole, vento, pioggia, caldo e freddo, opacizzazioni, macchie, incurvature, restringimenti, avvizzimenti e crepe in grado di raccontare all’utente la storia di un oggetto. Ed è attraverso graffi, scheggiature, ammaccature, sfregi, tacche, sbucciate e altre forme di deterioramento che raccontano gli usi e gli abusi i cui sono stati oggetto.¹⁹

17 Per una trattazione più esaustiva del rapporto wabi sabi e design si rimanda alla lettura di : Ostuzzi F., Salvia G., Rognoli V., Levi M., (2011), *Il valore dell’imperfezione. L’approccio wabi sabi al design.*, Franco Angeli, Milano.

18 Juniper A., (2003), *Wabi sabi, the japanese art of impermanence*, Tuttle Publishing, Boston.

19 Koren L., (2002), *Wabi-Sabi per artisti, designer, poeti e filosofi*, Ponte delle Grazie, Milano.



Immagine 2. Teiera giapponese wabi sabi. Fonte: Kevin Rosseel.

Un interessante esperimento di lettura dei prodotti attraverso l'estetica wabi sabi è riportata nell'articolo, precedentemente citato, *"Temporal Transformation of Materials: Can Designers Harness the Effects of Time to Create a Contemporary Aesthetic of 'Worldliness' within New Products?"*²⁰ in cui è stato chiesto, a studenti di design della Kuopio Academy of Design, in Finlandia, di ricercare esempio di oggetti wabi sabi in plastica, appartenenti alla loro vita quotidiana. Ogni studente è stato invitato ad individuare e documentare esempi significativi di oggetti segnati dal passaggio del tempo, sia inteso come valore estetico positivo che negativo.

Gli studenti hanno raccolto campioni fisici dei prodotti, ne hanno analizzato le caratteristiche superficiali (patina, danneggiamenti, scolorimenti,...) ed hanno realizzato una serie di interviste per capire i sentimenti degli utenti nei confronti di tali oggetti e delle loro superfici. Per la valutazione negativa degli effetti del tempo sono stati selezionati oggetti graffiati, sporchi, scoloriti e deteriorati, scoprendo che spesso la scarsa cura dei prodotti a basso costo in plastica sembra il destino più comune degli oggetti che ci circondano. L'invecchiamento "positivo", o maturazione, è stato invece riscontrato in prodotti nostalgici, realizzati con metodi produttivi ormai superati e portatori di valori estetici appartenenti ad epoche passate. È stata notata anche un' importante relazione tra il peso fisico degli oggetti ed il valore attribuitogli, infatti gli oggetti più pesanti sono stati valutati come più preziosi.

Il risultato è stata la realizzazione della tabella 3 (*Surface effect and affect matrix*) che associa l'interpretazione culturale/emotiva dei prodotti con le trasformazioni superficiali, dovute ai cambiamenti dei materiali, visibili sul prodotto stesso (sulla destra sono riportate le modifiche comparse su artefatti prodotti dall'uomo mentre sulla sinistra quelle apparse su oggetti organici/naturali).

Dalla ricerca è emersa l'importanza del legame affettivo utente-oggetto e oggetto-materiale. La superficie dell'oggetto invecchiato può infatti fornire una serie di stimoli sensoriali e metaforici in grado di influenzare la risposta emotiva dell'utente e la sua successiva valutazione. Allo stesso modo l'utente si trova a cambiare il suo ruolo nei confronti degli oggetti posseduti, trasformandosi da consumatore a custode di "cime-li", oggetti testimoni del tempo.

A conclusione della ricerca gli autori ricordano:

"Looking at the world with a wabi sabi vision reveals opportunities all around us, to study and understand time's affect on the world. Rather than copy it as fake patina, designers need to reapply these processes of change in challenging ways, in order to hope to bring the potential for maturity to newness."

²⁰ Candy F. J., Sommerville S., Kalviainen M., Oksanen H., (2004), Op. Cit.

	Positive, custodial responses: (cultural meanings/interpretations)	Description of material transformation over time: a. man-made	Description of material transformation over time: b. natural/organic
1.	Adoration: Love, worship, respect, care for, maintain, protect, restore, personal values, cherish.	Polish, patina, tarnish, careful restoration, effects of touching, handling, careful cleaning, precious.	Invisible mending, thread-bare patches,
2.	Nostalgia: memory, family, provenance, history, identity, heritage, safe haven	Tarnish, patina, damage, marks left unrestored, effects of touching, handling, carefully stored, wrapped, odour.	Odour, maturation, fragile, discoloured, staining, yellowing, torn, creasing, fold marks, corners turned over.
3.	Respect for nature: living object, connection to earth, lineage, sense of place, identity, soothing.	Effects of environment over time, sun, rain, water, wind, frost etc. rusting, fading, pitting, porous surfaces, peeling, degrading, base material exposed.	Porous surfaces, slow erosion, bleaching, drying, cracking, warping, shrinking, shrivelling, invasion by living organisms, growth, bruising, subtle deformation, odour.
4.	Respect for function: order, tough, admiration of hard work, reliable, trustworthy, utilitarianism, effective, useful.	Attrition, scoured, removal of applied surface finish, base material exposed, matt and shine, rough handling, nicks and chips, oiled, areas of wear and tear	Torn, worn thin, pilling, fraying, worn away, patched, scrubbed, washed, clean.
5.	Respect for serendipity/ life's challenges: lucky, unlucky, careless, carefree, unconcerned, hedonism	Broken, dented, scratched, signs of obvious repair, accidental damage, eccentric combinations.	Self-healing, subtle signs of repair, darned, patched.
6.	Subversion: making own mark, deface, customise, tame, submit to ownership.	Graffiti, carving of initials, stickers, tagging etc, accumulation of own marks or of others, augmentation	Evident deformation, torn, graffiti, carving of initials, stickers, tagging etc, accumulation of own marks or of others, augmentation

È necessaria una rivisitazione della tendenza contemporanea che considera eterna la pelle degli oggetti e dei corpi, proponendo nuovi scenari in cui venga valorizzata la bellezza imperfetta che il passare del tempo apporta su tutto ciò che ci circonda²¹.

Perché l'eterno non esiste.

Così diceva Anna Magnani al suo truccatore mentre le stava coprendo le rughe:
Lasciamele tutte, non me ne togliere nemmeno una, ci ho messo una vita a farmele.

Obiettivo di questa tesi è quindi quello di stimolare il progettista ,offrendogli gli strumenti adeguati, a valutare i segni del tempo come input progettuali per la progettazione di oggetti più longevi, in grado di resistere al vortice del consumo rapido che avvolge sempre più la società contemporanea.

21 Villa L., (2011), Op. Cit.

Tabella 3. Surface effect and affect matrix. Candy F. J., Sommerville S., Kalviainen M., Oksanen H., (2004), Op. Cit.

2.4 Bibliografia del capitolo

- Candy F. J., Sommerville S., Kalviainen M., Oksanen H., (2004), *Temporal Transformation of Materials: Can Designers Harness the Effects of Time to Create a Contemporary Aesthetic of 'Worldliness' within New Products?*.
- Chapman J., (2005), *Emotionally Durable Design: Objects, Experiences and Empathy*, Earthscan, Londra.
- Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti Treccani, www.treccani.it
- Yourcenar M., (1944), *Il tempo, grande scultore*, Einaudi, Torino.
- Juniper A., (2003), *Wabi sabi, the japanese art of impermanence*, Tuttle Publishing, Boston
- Koren L., (2002), *Wabi-Sabi per artisti, designer, poeti e filosofi*, Ponte delle Grazie, Milano.
- Ostuzzi F., (2010), *Gli oggetti (in) della crisi*, tesi di laurea, Politecnico di Milano.
- Ostuzzi F., Salvia G., Rognoli V., Levi M., (2011), *Il valore dell'imperfezione. L'approccio wabi sabi al design*, Franco Angeli, Milano.
- Peregalli R., (2010), *I luoghi e la polvere, sulla bellezza dell'imperfezione*, Bompiani, Milano.
- Rampiconi M.C., (2005), *Imperfezione, il fascino discreto delle cose storte*, Castelvechi, Roma.
- Villa L., (2011), *Time Lapse*, tesi di laurea, Politecnico di Milano.
- Woolley M., (2003), *Choreographing Obsolescence – Ecodesign: the Pleasure/Dissatisfaction Cycle*, Designing Pleasurable Products and Interfaces Conference, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, USA.

3. I MATERIALI E IL TEMPO

3.1 Segni del tempo

“Si tratta di lasciare a questi materiali la loro autenticità accettando la loro naturalizzazione. Il tempo è il più grande artista che esista, quello che riesce a fare sulla superficie delle cose è inimitabile”¹

Il tempo lascia sui materiali tracce del suo passaggio: ruggine, macchie, cricche e odori, segni indelebili di un continuo divenire, che cancellano l’aura di pulizia e di freschezza legata agli oggetti nuovi.

Il segno viene definito dal vocabolario Treccani come:

*“**ségno.** Qualsiasi fatto, manifestazione, fenomeno da cui si possono trarre indizî, deduzioni, conoscenze ecc. Qualsiasi oggetto o più spesso figura che sia convenzionalmente assunta come espressione e Traccia visibile, impronta lasciata da qualcosa o da qualcuno. Qualsiasi elemento o contrassegno utile a rendere riconoscibile o distinguibile da altri una persona, una cosa, un luogo; piccole imperfezioni che rendono più rapido il riconoscimento. Qualsiasi linea o figura che si traccia per contrassegnare il punto dove si è arrivati o a cui si deve arrivare.”²*

Il segno è quindi portatore di significato, punto di memoria che riporta nel presente ciò che è già accaduto e che differenzia una cosa dalle altre.

Tutti i materiali, o quasi, si modificano nel tempo, ma se per alcuni l’invecchiamento viene descritto negativamente con il termine degrado, per altri viene visualizzato

¹ Capitanucci M. V., (2010), Intervista a Michele De Lucchi, *Michele De Lucchi: lo zen delle case-scultura e i progetti ispirati a Gandhi*, www.wisesociety.it, consultato il 15/05/2012.

² Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti Treccani, www.treccani.it, consultato il 04/09/2012.

come un miglioramento di alcune proprietà, e definito positivamente in termini di maturazione.

Esiste inoltre una terza categoria di materiali che sembra sopravvivere al passaggio del tempo: i vetri presentano infatti fenomeni degradativi così lenti e microscopici da renderli testimonianza di qualcosa di eterno.

Cos'è che ci porta a valutare positivamente o negativamente il passaggio del tempo? Quali valori sono associati alla maturazione e quali al degrado? Per prima cosa è necessario comprendere il significato dei due differenti termini:

*“degradare. Deteriorare, danneggiare, ridurre in cattivo stato; è usato con alcune accezioni specifiche, come per es., in geografia fisica, provocare in un rilievo una denudazione, una erosione, un disfacimento: colline degradate dalla piovosità. Trasformarsi passando da una condizione superiore a una inferiore, subire una regressione (anche in senso biologico), o, riferito ad ambienti naturali, complessi architettonici, istituzioni, organismi o comunità sociali, situazioni politiche o economiche, e sim., deteriorarsi, subire un progressivo scadimento”.*³

*“maturare. Di certe sostanze, stagionarsi: lasciar m. il vino; e così di materiali che acquistano talune qualità restando per un certo tempo in determinate condizioni ambientali. Con valore più astratto, di cosa che, dopo un periodo preparatorio, giunge alla condizione del suo pieno e perfetto essere, relativamente agli scopi che deve raggiungere”.*⁴

Si noti come al primo termine sia legata una accezione fortemente negativa, in quanto il degrado comporta il cambiamento da una situazione inizialmente ottimale ad una condizione inferiore, in quest'ottica i segni del tempo, e dell'uso nel caso dei prodotti, diventano nemici da combattere. Tale definizione viene solitamente associata all'invecchiamento dei materiali “artificiali”, quali metalli o polimerici, soggetti con il passare del tempo a meccanismi di deterioramento che ne diminuiscono le proprietà meccaniche ed estetiche. È al degrado che vengono associate caratteristiche negative del passaggio del tempo sui materiali: macchie, ruggine, graffi e tagli, ingiallimenti e perdita di brillantezza.

Il fenomeno della corrosione dei metalli è probabilmente una delle manifestazioni più conosciute dell'invecchiamento materico e, se per alcuni usi specifici essa viene accettata, si pensi alle cupole in rame ossidato delle antiche basiliche o al colore caratteristico delle statue in bronzo, più spesso viene combattuta al fine di preservare per il maggior tempo possibile le caratteristiche iniziali di un prodotto.

³ Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti Treccani, Op. cit.

⁴ Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti Treccani, Op. cit.

Quante energie impieghiamo per mantenere l'argenteria brillante e quanto spesso scartiamo oggetti in plastica perché ingialliti o graffiati?

Il termine maturazione viene invece solitamente associato a materiali di origine naturale, come pietra, carta, legno e pellame, che con il passare degli anni acquisiscono profumi, colori e consistenze caratteristiche che, lungi dal sminuire le loro qualità, sembrano acquisire invece un'aura di antichità e preziosità. Una vecchia borsa di cuoio, una pergamena antica o la facciata medioevale di una casa portano segni visibili del loro invecchiamento eppure capita di sentirsi fatalmente attratti da essi.

È interessante scoprire quali possano essere le differenze tra l'invecchiamento dei materiali naturali e quelli artificiali e cosa ci porta a valorizzare o disprezzare i segni che il tempo lascia sui prodotti, al fine di allungarne la vita utile. Per questo nei successivi paragrafi verrà illustrato, a titolo esemplificativo, l'invecchiamento di due classi di materiali naturali, quali legno e carta, e due classi di materiali artificiali, quali metallo e plastica.



Immagine 1. Il tempo e il legno.

3.2. I materiali naturali

3.2.1 IL LEGNO

Il legno è il tessuto vascolare della pianta, costituito da lunghe cellule disposte in fasci longitudinali ininterrotte, a cui si accompagnano elementi accessori quali fibre di sostegno e cellule parenchimatice. La struttura del legno risulta molto differente nelle diverse famiglie, generi e specie. Il legno è considerato uno dei materiali più pregiati, grazie alla sua estetica incomparabile e alla sua versatilità di applicazione. Si possono classificare due tipologie di invecchiamento del legno: una positiva, la stagionatura, che consente di migliorarne le prestazioni, ed una negativa, dovuta favorire all'attacco di muffe, funghi e insetti che va a comprometterne invece funzionalità e la bellezza.

In condizioni ideali il legno può rimanere in esercizio per centinaia di anni senza subire una significativa alterazione. Tuttavia molte specie legnose largamente impiegate necessitano di un trattamento preservante per essere protette dagli agenti biologici responsabili del degradamento del legno, soprattutto insetti e funghi.⁵

3.2.1.1 Stagionatura

Il processo di stagionatura consente al legno di perdere progressivamente umidità. Il legno perdendo o acquistando acqua varia le proprie dimensioni inoltre, se l'umidità

⁵ Dispense del CDS Ingegneria ambientale e del territorio, (2008), *Tipologie significative per le strutture in legno naturale e legno lamellare*, Dipartimento di Chimica Inorganica ed Analitica, Università degli studi di Cagliari.

	Legno protetto a contatto con terreno umido	Legno non protetto in esterno
Iroko, cedro rosso, teak, palissandro	> 25	50
Castagno, larice, meranti, mogano, robinia	15-25	40-50
Quercia, noce, pino rosso americano	10-15	25-40
Balsa, betulla, olmo, tiglio, pino del Paraná, abete	5-10	15-25
Frassino, platano, pioppo, salice	< 5	6-12

Tabella 1. Durata (espressa in anni) di legno trattato e non trattato in esterno. Fonte: SigmaKalon Univer S.p.a., (2007), *Conoscere il legno. Essenze e cause di degrado*, Novara.



Immagine 2. **Design focus n°1:** Sedie Thonet in legno di faggio. Design by Thonet 1859.
Fonte: dailytonic.com

presente nel materiale è superiore al 18-20%, esso diventa più suscettibile agli attacchi biologici.

All'atto dell'abbattimento la percentuale di umidità è piuttosto elevata (50-60%), tale valore tende però a diminuire progressivamente attraverso il processo di stagionatura, fino ad attestarsi ad un valore di equilibrio (12-20%). Una volta raggiunto questo tenore di umidità il legno non subisce più variazioni dimensionali sensibili, anche se posto in ambienti con umidità variabile tali variazioni si ripercuotono infatti con lentezza all'interno del legno.

La stagionatura può essere naturale o artificiale. La stagionatura naturale consiste nell'esposizione dei fusti abbattuti all'aria, protetti da pioggia e sole diretto, per un periodo che può variare da pochi mesi ad alcuni anni, al termine di tale processo il legno contenente una percentuale di umidità del 17-20%, è detto al secco atmosferico. La stagionatura in acqua consente di ottenere legni di migliore qualità con temp-

istiche inferiori. Il procedimento consiste nell'immersione in acqua corrente, solitamente dolce, dei tronchi per 15 giorni circa, al fine di espellere tutta la linfa contenuta nei vasi; successivamente il materiale viene esposto all'aria per raggiungere il secco atmosferico, per un tempo più breve di quello occorrente senza l'immersione. La stagionatura artificiale si ottiene invece mantenendo il legno in apposite camere con aria calda ad umidità controllata, e permette di ottenere legno stagionato con tempistiche nettamente inferiori a quelle della stagionatura naturale.⁶

3.2.1.2 Fenomeni di degrado

A) RADIAZIONI SOLARI

I raggi ultravioletti (UV) sono il primo fattore di degrado del legno, il degrado causato dai raggi UV è solitamente un fenomeno superficiale che può tuttavia comportare nel tempo una significativa perdita di fibre superficiali. Tali radiazioni attivano inoltre il processo chimico di ossidazione che porta ad ingrigire il colore superficiale. Causa

⁶ Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti Treccani, Op. cit.

Essenza	Classe *	Resistenza a funghi/insetti	Viraggio/azzurramento	Grado di protezione necessario
Abete rosso	4	Bassa	Sì	Alto
Douglas	3	Media	Sì	Medio
Larice	3	Bassa	Sì	Alto
Pino silvestre	4	Bassa	Sì	Alto
Castagno	3	Media	Sì	Medio
Faggio	5	Media	Sì	Alto
Frassino	4	Bassa	Sì	Alto
Iroko	3	Media	Sì	Medio
Noce	3/4	Bassa	No	Alto
Olmo	2/3	Media	No	Medio
Rovere	2	Alta	Sì	Basso
Mogano	2	Media	No	Medio
Teak	1	Alta	No	Medio

* La classificazione da 1 a 5 indica la resistenza alle intemperie di ogni essenza misurata in assenza di sistemi protettivi di qualsiasi natura. 1: molto resistente 2: resistente 3: moderatamente resistente 4: poco resistente 5: non resistente

Tabella 2. Caratteristiche delle principali essenze del legno.

Fonte: SigmaKalon Univer S.p.a., (2007), Op. Cit.

dell'alterazione cromatica è il degrado della lignina, che viene "solubilizzata" dai raggi ultravioletti e portata in superficie, in tal modo il legno perde la sua caratteristica colorazione bruna assumendo un colore grigiastro. Ciò accade perché la superficie del legno diventa più ricca di contenuto di cellulosa.⁷

B) VARIAZIONI CLIMATICHE

Gli agenti atmosferici hanno un'influenza determinante sullo stato di salute del legno e, quindi, del manufatto. È fondamentale considerare prima di tutto come l'alternanza del sole e della pioggia provochino un continuo assorbimento e rilascio di umidità. Il corretto passaggio di umidità dall'interno all'esterno del legno è fondamentale per mantenere sano il supporto in quanto un accumulo di umidità interna (circa 20%) rappresenta la causa principale della formazione di muffe, funghi e della creazione di un ambiente ideale per lo sviluppo di insetti. Inoltre le fibre legnose sono soggette a continui rigonfiamenti e ritiri, il che determina una variazione dimensionale del supporto. In secondo luogo va considerata l'acqua piovana che, con il tempo, penetra nel manufatto non adeguatamente protetto danneggiandolo e creando fessurazioni e spaccature verticali. Il legno si degrada e invecchia⁸.

C) MUFFE E FUNGHI

Muffe e funghi si sviluppano in presenza di un'umidità del legno di circa il 20% e in base all'aspetto possono essere di diverso tipo. I funghi della marcedine che si nutrono di lignina e di cellulosa, provocano la carie bianca e la carie bruna. La carie bruna o distruttiva, prolifera nelle aree umide, come le cantine, provocando delle crepe ortogonali che portano allo sbriciolamento. Ha la capacità di propagarsi dal legno umido a quello sano, grazie a radici fortissime, in grado di trasportare l'acqua e di oltrepassare i muri. Le parti colpite da carie bruna non sono facilmente riconoscibili. A differenza di quella bruna, la carie bianca o corrosiva attacca non soltanto la cellulosa ma anche la lignina, conferendo al legno un aspetto biancastro e fibroso facilmente riconoscibile. I funghi cromogeni creano nel legno alterazioni del colore, con notevoli danni estetici ma senza pregiudicare le caratteristiche strutturali del legno. I più comuni sono i funghi dell'azzurramento con sfiammature grigio bluastre di intensità e profondità variabile, si diffondono quando l'umidità del legno è compresa tra il 18 e il 40%⁹.

D) INSETTI XILOFAGI

I "tarli del legno", come vengono comunemente chiamati, sono in realtà numerose famiglie di insetti xilofagi, le cui larve si nutrono di legno per raggiungere la maturità.

7 De Angelis E., (2011), *Legno e strutture in legno*, dispense del corso Patologia Edilizia e Diagnostica, Politecnico di Milano.

8 SigmaKalon Univer S.p.a., (2007), Op. Cit.

9 SigmaKalon Univer S.p.a., (2007), Op. Cit.

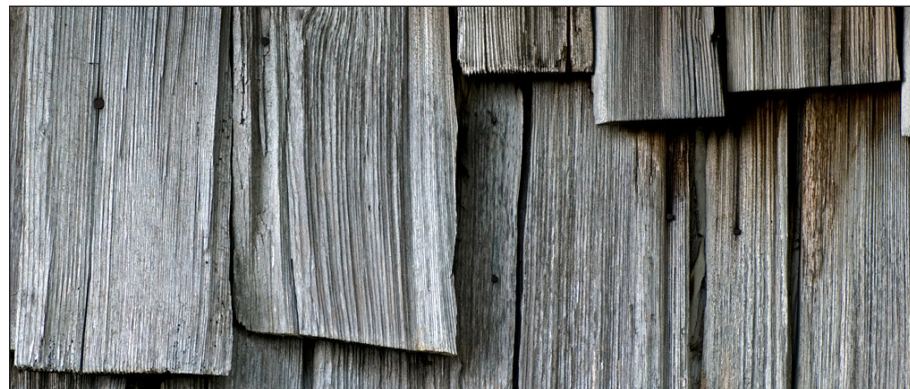


Immagine 3. Assi di legno ingrigite. Fonte: Royalty free stock images.

Immagine 4. Attacco di muffe. Fonte: Texture Palace.

Immagine 5. Attacco di insetti xilofagi. Fonte: Texture Palace.

Trovano il loro habitat ideale e si sviluppano nel legno in cui c'è accumulo di umidità. Non tutte le specie hanno lo stesso grado di pericolosità. Alcune si limitano ad attaccare la parte dura del legno, mentre altre giungono fino alla parte tenera e sono in grado di ridurre il legno in una polvere finissima, che cade a terra al momento della fuoriuscita dei tarli adulti. È questo il tipico caso dei Lictidi, diffusi anche in Italia. Tra le specie più dannose rientrano anche l'*Anobium punctatum* (Tarlo dei mobili), che si adatta a diversi tipi di legno ed il *Lyctus brunneus*, che attacca prevalentemente il legno di latifoglia. I danni più ingenti sono però causati dall'*Hylotrupes bajulus* (Capricorno delle case) e dall'*Hesperophanes*, che aggrediscono tetti, pavimenti ed infissi. Sono estremamente pericolosi perchè rodono il legno dall'interno, indebolendone la struttura fino al collasso, senza che dall'esterno si possa diagnosticarne la presenza. Un'altra categoria di insetti xilofagi sono le termiti, di provenienza tropicale ma ormai diffuse anche in Europa. Si nutrono prevalentemente della cellulosa contenuta nel legno vivo ed hanno una rilevante importanza nell'ecosistema, in quanto sono in grado di divorare con le loro robuste mandibole quasi un terzo del legno prodotto ogni anno nel pianeta. Le larve delle termiti scavano lunghe gallerie nel legno, per fuoriuscire soltanto al termine del suo sviluppo, che può durare mesi o addirittura anni, a seconda della specie¹⁰.

10 SigmaKalon Univer S.p.a., (2007), Op. Cit.



Immagine 6. Il tempo e la carta.

3.2.2 LA CARTA

La carta è un prodotto industriale fabbricato con sostanze fibrose diverse, ridotte in pasta umida e quindi in fogli sottili e flessibili adoperati per vari usi, specialmente per scrivervi, stamparvi o involgere. La carta era già fabbricata in Cina, a quanto si sa, nel 2° sec. a.C. La conoscenza dei processi di fabbricazione passò in Corea nel 7° sec. d.C. e di qui in Giappone, estendendosi nel secolo seguente in tutto l'Oriente e poi, a opera degli Arabi, nell'Africa settentrionale, in Spagna e in Sicilia, da cui proviene il primo documento europeo su carta del 1109, la lettera della contessa Adelaide; verso il 1150 era attiva una cartiera nella città spagnola di Xàtiva. In Italia si ha notizia di una cartiera che funzionava presso Bologna, sul Reno, prima del 1200, per opera del maestro Polese da Fabriano, città che divenne (dalla seconda metà del 13° sec.) e restò a lungo il centro della produzione cartaria italiana. Impulso grandissimo ebbe l'industria cartaria con l'invenzione della stampa, che ne accrebbe enormemente il consumo. Le materie prime usate per preparare la carta vengono distinte in fibrose e non fibrose: le prime formano il feltro di fibre intrecciate, le seconde conferiscono a queste particolari proprietà (colore, peso, superficie liscia ecc.). Le materie fibrose sono costituite dalle cosiddette paste di legno (cellulosa) che possono essere: chimiche (cellulosa praticamente pura), meccaniche (legno sfibrato) e semichimiche (con caratteristiche intermedie fra le due precedenti). Le materie prime fibrose diverse dalle paste di legno possono essere costituite da stracci di cotone, lino, canapa, iuta o carta riciclata. Inoltre, come materiale fibroso si possono impiegare fibre artificiali sintetiche, sia aggiungendole in quantità del 10-20% ai normali impasti fibrosi di prodotti cellulorici sia preparando impasti formati da sole fibre sintetiche o artificiali¹¹.

3.2.2.1 Fenomeni di degrado

La carta, come tutte le strutture composte da sostanze organiche, con il passare del tempo si degrada e perde quelle che erano le caratteristiche iniziali, divenendo così più fragile e favorendo modifiche dei medium grafici. I fenomeni di degrado si verificano all'intero delle catene di cellulosa a partire dalle zone amorfe. Esse sono quelle più soggette all'instaurarsi di fenomeni degradativi. E' in queste zone che, per esempio, le fibre assorbono una maggiore quantità di acqua ed agenti inquinanti. L'invecchiamento è naturale, avviene nel tempo, ma il suo percorso è influenzato dal tipo di carta che differisce secondo le modalità di fabbricazione, dalla natura delle sostanze che in essa, per vari scopi, vengono aggiunte durante e dopo la fabbricazione e, non ultima, dalla modalità di conservazione (presenza di microrganismi e di inquinanti, valori non idonei di umidità, temperatura e di intensità di luce). I fenomeni di degrado possono essere di tipo chimico, fisico e biologico.

A) DEGRADO CHIMICO

Il degrado chimico colpisce prevalentemente la struttura a partire dalle zone amorfe

¹¹ Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti Treccani, Op. cit.

della cellulosa ed è dovuto all'allentamento delle catene provocate da: depolimerizzazione catalizzata da acidi o basi forti, dall'ossidazione dei gruppi funzionali, o dalla diminuzione dei legami ad idrogeno. I principali fenomeni di degrado sono da imputare a: idrolisi, ossidazione¹².

L'idrolisi è un processo chimico in cui interviene l'acqua, è cioè la reazione tra una specie chimica e gli ioni provenienti dalla dissociazione dell'acqua. La reazione è favorita dalla presenza di acidi forti e deboli ed anche da basi forti. La dissociazione

¹² Visentin A., (2007), *Metodi di conservazione e restauro della carta: valutazione degli effetti mediante risonanza magnetica*, tesi di laurea, Università degli Studi di Padova.



Immagine 7. Design focus n°2: Lampade a sospensione in carta Dot/Dash, Design by Erich Ginder, 2011. Fonte: dailytonic.com

della cellulosa per idrolisi produce una scissione dei legami β-glucosidici che uniscono le molecole di glucosio; da ciò risulta la frammentazione della catena di cellulosa con conseguente diminuzione del suo grado medio di polimerizzazione, e quindi della resistenza del materiale. In quest'ultimo caso forse la diminuzione del grado di polimerizzazione è meno drastica ma il risultato, in entrambi i casi, è comunque la diminuzione della resistenza della carta.

L'ossidazione è una reazione che consiste nel trasferimento di elettroni da una specie chimica ad un'altra. È chiamata così perché l'agente chimico che nella maggioranza dei casi partecipa a tale processo è proprio l'ossigeno. Ci sono molte sostanze, come quelle presenti nell'atmosfera a causa dell'inquinamento (es: composti dello zolfo), prodotti ossidanti ed ossidabili che già si trovano nella carta (es: inchiostri e pigmenti), sostanze interne alla carta introdotte con la fabbricazione (es: sbiancanti, allume..) che possono provocare reazioni di ossidazione della cellulosa. L'ossidazione può provocare l'imbrunimento o sbiancamento della carta¹³.

13 Mantovani O., (2002), "Degradazione del materiale cartaceo", in Pubblicazioni degli Archivi di Stato, Saggio 74, Chimica e biologia applicate alla conservazione degli archivi, Union Printing, Roma.

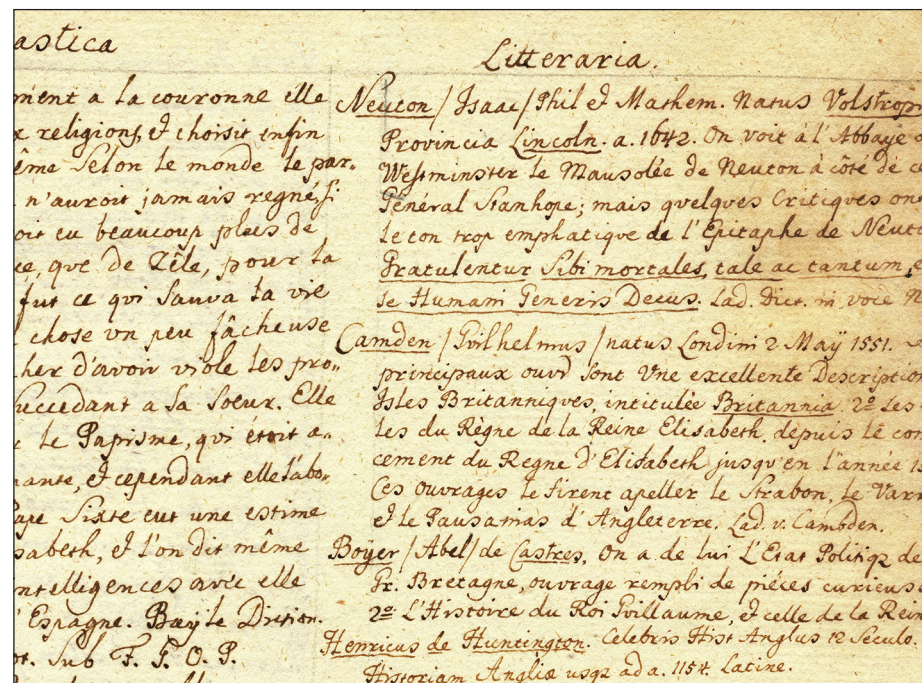


Immagine 8. Ingiallimento di antico manoscritto. Fonte: Texture Palace.

B) DEGRADO FISICO¹⁴

La cellulosa tende ad instaurare un equilibrio chimico-fisico con l'ambiente e modificare il proprio stato secondo le variazioni termoigrometriche. Brusche variazioni di umidità e temperatura, inadeguate esposizioni a luce di varia natura, provocano nella carta variazioni che possono indurre escursioni dimensionali, ondulazioni, imbarcamento, ingiallimento e più in generale infragilimento.

Umidità

La cellulosa è un materiale igroscopico e l'assorbimento di acqua può avvenire in tre differenti modalità: assorbimento colloidale, imbibizione e assorbimento capillare. L'assorbimento colloidale è di natura elettrostatica poiché gli ossidrilici (OH-) della cellulosa formano legami idrogeno con l'acqua. Questo tipo di assorbimento può andare dallo 0,5 fino allo 1% di acqua. Dopo il 4% di assorbimento si ha l'imbibizione, in questo caso l'acqua è trattenuta tra le catene cellulose non legate. Si può arrivare fino ad un assorbimento del 30% di acqua. Quando il foglio è a diretto contatto con l'acqua si ha l'assorbimento capillare. Questo tipo di assorbimento permette di trattenere nel lume delle fibre e nei pori macroscopici fino al 200% di acqua che si insinua nella carta per capillarità. Quando i documenti si trovano a contatto con un ambiente troppo umido avviene assorbimento di acqua. Ciò favorisce le reazioni di idrolisi e ossidazione ed è anche causa di rigonfiamento delle fibre. Ne deriva l'allentamento o addirittura la rottura dei legami idrogeno e di Van der Waals, fenomeno dovuto all'introduzione di molecole d'acqua tra i punti di legame della cellulosa. Le catene di cellulosa sono in tal modo libere di cambiare il loro orientamento nello spazio e distruggere così l'ordine dell'assetto cristallino. La conseguenza è l'aumento delle dimensioni del foglio che si è rigonfiato, la perdita di elasticità, di resistenza e una maggiore fragilità. Tuttavia anche una brusca diminuzione di umidità può causare degrado. La sottrazione di molecole di acqua provoca rottura dei legami tra catena e catena e tra fibra e fibra. Il restringimento delle fibre e la riduzione dello spazio tra di esse procura una maggiore rigidità che riduce i valori delle proprietà meccaniche della carta e le dimensioni del foglio. Queste espansioni e contrazioni se si verificano in misura sensibile, procurano in primo luogo un collasso del materiale cartaceo e naturalmente se c'è presenza di mediazioni grafiche avremo distacchi e distorsioni. Quando non sussiste equilibrio igrometrico tra carta ed ambiente può inoltre succedere che una faccia del foglio assorbe umidità in maniera diversa dall'altra. Le due zone subiscono deformazione, si dilatano se l'ambiente esterno è più umido e si contraggono se è più secco. In entrambi i casi si ha il cosiddetto fenomeno dell'imbarcamento. Quando invece i documenti sono conservati in risma, l'umidità viene assorbita con gradiente decrescente dall'esterno verso l'interno della risma, causando ondulazione dei fogli.

14 L'intero paragrafo è tratto dal lavoro: Mantovani O., (2002), Op. Cit.

Temperatura

La temperatura influenza direttamente la umidità relativa e precisamente questa diminuisce al suo aumentare. La temperatura ha un'importanza fondamentale sulla velocità di tutte le reazioni chimiche, al suo aumentare vengono spesso favorite le più importanti reazioni di degrado della cellulosa ed è per questo motivo che la temperatura dovrà essere contenuta entro valori accettabili.

I valori di umidità relativa e temperatura che dovrebbero essere assicurati ai fini conservativi si aggirano attorno al 55% per la umidità relativa e intorno ai 18°C per la temperatura. Un aumento della temperatura determina un aumento dei moti molecolari e quindi un generale aumento degli urti. La temperatura, quindi, rappresenta uno dei parametri fisici che determinano la velocità delle reazioni chimiche di degrado.

Radiazioni

Una ulteriore causa di degrado della carta è rappresentata dalle radiazioni. La zona dello spettro elettromagnetico che interessa il degrado della carta è quello che comprende la luce visibile, le radiazioni ultraviolette e quelle infrarosse. Queste radiazioni vengono assorbite dai materiali organici e danno origine a transizioni elettroniche, causa di alterazioni chimiche che inducono trasformazione del materiale. Nel caso della cellulosa i danni che ne derivano sono ingiallimento e infragilimento, mentre per



Immagine 9. Degrado biologico della carta, con il colore arancione si possono notare gli attacchi di muffe. Fonte: Dark pines photo.

gli inchiostri ed i pigmenti si avranno decolorazioni e sbiadimenti. La capacità di penetrazione nella carta è tanto maggiore quanto maggiore è la frequenza della radiazione, ciò vuol dire che i raggi ultravioletti sono più dannosi della luce visibile e questa lo è di più delle radiazioni infrarosse.

C) DEGRADO BIOLOGICO

Il degrado biologico è causato da insetti, batteri o funghi che si nutrono e vivono all'interno della carta. Questi possono provocare danni meccanici, chimici ed estetici al manufatto. La degradazione della cellulosa avviene ad opera di microorganismi che sono in grado di idrolizzare cellulosa ed emicellulose producendo zuccheri semplici solubili in acqua. Molti microorganismi (batteri, funghi) sono in grado di sintetizzare enzimi che agiscono solo sulle zone amorfe della cellulosa.



Immagine 10. Il tempo e i metalli.

3.3 I materiali artificiali

3.3.1 I METALLI

Il metallo è un elemento chimico caratterizzato da alto potere riflettente, opacità alla luce, buona conduttività termica ed elettrica (quest'ultima decrescente al crescere della temperatura), duttilità spesso elevata, e che è inoltre capace di fornire in soluzione ioni dotati di carica positiva e di formare ossidi a carattere basico. A temperatura ambiente, con l'eccezione del mercurio, i metalli sono solidi cristallini; la loro struttura elettronica è caratterizzata dal fatto che gli orbitali di valenza contengono complessivamente un numero di elettroni piccolo rispetto a quello corrispondente alla loro saturazione. In relazione alla loro densità, si parla di metalli pesanti, a densità relativa elevata (superiore a 4), come ferro, piombo, rame ecc., e metalli leggeri, con bassa densità relativa (inferiore a 4). I metalli che presentano difficoltà a ossidarsi e che, per tale motivo, possono essere rinvenuti in natura anche allo stato nativo sono detti nobili (platino, oro ecc.)¹⁵.

3.3.1.1 Fenomeni degrado¹⁶

La corrosione interessa praticamente tutti i comparti industriali. Quasi tutti i metalli esistono in natura sotto forma di composti, e i processi di estrazione dei metalli dai minerali richiedono l'impiego di energia, la corrosione dei metalli tende a riportare questi materiali allo stato in cui si trovano in natura di combinazione con l'ossigeno. Se per un numero limitato di metalli il processo di ossidazione è di difficile attuazione a causa della loro natura nobile, come si verifica per l'oro e il platino, per la gran parte di essi tale processo è spontaneo¹⁷. L'entità dei danni della corrosione, nei paesi industrializzati, risulta essere compresa tra il 3 e il 4% del prodotto nazionale lordo. I fenomeni corrosivi comportano infatti costi diretti, (valore intrinseco dei materiali corrosi, costi per il loro rimpiazzo, costi di prevenzione, costi legati all'impiego di materiali resistenti) e costi indiretti (riduzione di vita di servizio, perdita di prodotti, inquinamenti, fermo della produzione, cedimenti improvvisi o scoppi) il cui valore può essere superiore a quello dei costi diretti. La corrosione dei materiali metallici può essere ad umido o a secco, la prima avviene

in ambienti contenenti acqua attraverso meccanismi di tipo elettrochimico, la seconda avviene invece in atmosfere gassose ad elevata temperatura attraverso meccanismi di tipo chimico. In seguito si analizzeranno i fenomeni legati alla corrosione ad umido, in quanto essa è la tipologia di degrado più diffusa.

¹⁵ Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti Treccani, Op. cit.

¹⁶ L'intero paragrafo è tratto da: Cigada A., (2010), *Corrosione e protezione dei metalli*, dispense del corso di "Criteri di scelta e impiego di materiali", Politecnico di Milano.

¹⁷ Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti Treccani, Op. cit.

A) MECCANISMO ELETTROCHIMICO

La corrosione (a umido) è prodotta da due processi elettrochimici simultanei: un processo anodico di ossidazione del metallo ($\text{Fe} = \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$) che liberando elettroni nel metallo comporta la formazione di prodotti di corrosione ed un processo catodico di riduzione di una specie chimica che consumando gli elettroni riduce l'ossigeno ($\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$) e sviluppa idrogeno ($2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$). Queste reazioni (anodica e catodica) sono complementari tra loro.

Per sapere in anticipo se un metallo può o, al contrario, non può essere soggetto a corrosione, è necessario conoscere il potenziale di equilibrio dei processi anodico e catodico. Se alla superficie di un metallo immerso in una soluzione ha luogo un solo processo elettrochimico il potenziale del metallo, misurato, assume un ben definito valore, detto di equilibrio (E_{eq}) che dipende dal tipo di processo e dalla concentrazione delle specie che vi partecipano.

La corrosione può avvenire se il potenziale di equilibrio del processo catodico è maggiore di quello del processo anodico. L'effettiva velocità con cui la corrosione si produce è legata alla cinetica dei processi anodici e catodici.

Nei metalli definiti attivi non si formano prodotti di corrosione protettivi al di sopra di E_{eq} , mentre nei metalli attivo-passivi si forma un film di ossido protettivo, grazie ai quali la velocità di dissoluzione del metallo si riduce drasticamente.

La presenza di disuniformità nella struttura metallica o nell'ambiente può essere causa di corrosione, che si manifesta con morfologia non uniforme. Disuniformità nella struttura metallica per accoppiamento di due materiali diversi causano corrosione per contatto galvanico, disuniformità nell'ambiente corrosivo per disuniforme ripartizione di ossigeno causano corrosione per aerazione differenziale e disuniformità dovuta a presenza di gradienti di potenziale genera corrosione per correnti disperse.

B) CORROSIONE PER CONTATTO GALVANICO

Se due metalli di diversa nobiltà sono a contatto fra loro in soluzione acquosa, si verifica un incremento della corrosione del metallo meno nobile (anodo) ed una diminuzione della corrosione di quello più nobile (catodo). Ciò è pericoloso soprattutto in ambienti molto conduttivi quando la superficie del metallo più nobile (catodo, ove si riduce l'ossigeno) è elevata rispetto a quella del metallo che si corrode (anodo, ove il metallo si discioglie).

C) CORROSIONE PER AERAZIONE DIFFERENZIALE

Si genera quando il metallo è a contatto con ambienti (soprattutto terreno) a diverso contenuto di ossigeno (in genere per diversa permeabilità all'ossigeno). Il caso tipico caso è quello delle tubazioni interrate che attraversano tratti di terreno alternativamente argillosi e sabbiosi: la parte della tubazione a contatto con l'argilla che è poco permeabile all'ossigeno, diventa anodica e quindi si corrode, mentre quella a contatto con la sabbia, permeabile all'ossigeno, diventa catodica, perché sede del processo di riduzione dell'ossigeno, e quindi è protetta.

D) CORROSIONE DA CORRENTI DISPERSE

Spesso nei terreni nascono gradienti di potenziale per cui circolano correnti (dette disperse o vaganti).

Le cause più frequenti sono gli impianti di trazione a corrente continua, quali ferrovie, tram e metropolitane. Una parte della corrente di ritorno invece di fluire attraverso le rotaie alla sottostazione di alimentazione, passa nel terreno e quindi rientra alla sottostazione attraverso strutture metalliche presenti (di solito tubazioni), in questo modo si creano delle zone catodiche (protette) dove la corrente entra nella struttura metallica e delle zone anodiche (di corrosione) dove la corrente l'abbandona.

I materiali soggetti a corrosione possono subire forme di corrosione che determinano assottigliamento, attacco selettivo, forature e cricche.

L'assottigliamento è la forma di attacco più diffusa, ma è la meno pericolosa perché



Immagine 11. **Design focus n°3:** Teiera in argento, Design by Marianne Brant , 1924.
Fonte: terrytynam.com

maggiormente prevedibile e in genere lenta ($< 100 \mu\text{m}/\text{anno}$). Nei terreni e nelle acque questo tipo di attacco è spesso controllato dal processo di apporto di ossigeno (corrente limite di diffusione di ossigeno). La prevenzione può essere realizzata mediante l'impiego di materiali appropriati, con l'applicazione di pitture e rivestimenti metallici. Nel caso di strutture interrate o immerse in mare si può ricorrere alla protezione catodica.

L'attacco selettivo consiste invece nella dissoluzione di un costituente del materiale metallico (zinco negli ottoni e ferro nelle ghise grigie) frequente in passato, è rara nei materiali oggi in commercio. Una forma di attacco selettivo ancor oggi importante è la corrosione intergranulare, che aggredisce cioè i bordi di grano di acciai inossidabili austenitici ad alto tenore di carbonio a seguito della precipitazione di ossido di cromo la quali si verifica per sensibilizzazione termica, in particolare durante processi di saldatura.

Sui materiali metallici possono avvenire due differenti forme di forature dovute a fenomeni corrosivi, la corrosione per vaiolatura e la corrosione in fessura.

Nella corrosione per vaiolatura l'attacco corrosivo può assumere carattere penetrante provocando perforazione di tubazioni o di apparecchiature anche in tempi molto brevi, con una velocità di perforazione che può raggiungere $1 \text{ mm}/\text{anno}$. Questa forma di corrosione si manifesta su materiali a comportamento attivo-passivo (ad esempio gli acciai inossidabili) a contatto in ambienti ossidanti e contenenti cloruri (acqua di mare). La formazione di questi attacchi è favorita da alte temperature.

La corrosione in fessura è connessa alla presenza di zone della superficie più difficilmente raggiungibili dall'ossigeno per la presenza di interstizi (punti di giunzione fra due lamiere metalliche, saldature incomplete, filettature).

Le cricche sono in genere prodotte da una forma attacco localizzato detta corrosione sotto sforzo. La corrosione sotto sforzo si manifesta per specifici accoppiamenti metallo-ambiente quando il materiale è soggetto ad una sollecitazione di trazione. Le cricche sono orientate in direzione perpendicolare a quella di sollecitazione di trazione e possono avanzare con velocità molto elevata.

Si distinguono tre principali ambienti corrosivi:

- corrosione nelle acque
- corrosione nei terreni
- corrosione atmosferica

Corrosione nelle acque

L'entità della corrosione nelle acque dipende da durezza, tenore di ossigeno, temperatura, conducibilità elettrica, pH, contenuto di cloruri e di solfati e presenza di batteri. L'aggressività delle acque è strettamente legata al potere incrostante dell'acqua, cioè dalla sua capacità di formare sulla superficie metallica un deposito calcareo, costituito principalmente da carbonato di calcio, in grado di esplicare un'azione protettiva. Le acque dolci o addolcite (che non depos-

itano calcare) sono spesso corrosive nei confronti dei materiali metallici usati per le condotte, i serbatoi, le apparecchiature o in generale le strutture con cui vengono in contatto. L'acqua di mare, contenente cloruri e non incrostante, è fortemente corrosiva.

Corrosione nei terreni

La corrosione nei terreni può avvenire in presenza o in assenza di batteri.

I terreni asciutti sono ricchi di aria e favoriscono condizioni aerobiche mentre i terreni saturi d'acqua creano condizioni anaerobiche, poiché l'acqua contenuta nei pori impedisce la diffusione dell'aria (ossigeno).

Corrosione atmosferica

L'aggressività atmosferica dipende da vari fattori: umidità relativa, contenuti di SO_2 , SO_3 , (NO_x), piogge, polveri sospese, cloruri, temperatura, tipo di metallo e prodotti di corrosione.

Se l'umidità relativa supera un valore critico (circa 80%) la superficie risulta "bagnata" anche in assenza di un bagnamento visibile. La corrosione atmosferica si produce solo se sulla superficie metallica è presente dell'acqua e quindi la sua velocità dipende in primo luogo dal tempo in cui la superficie rimane "bagnata". Tra le varie sostanze inquinanti l'atmosfera, gli ossidi di zolfo (SO_2 , SO_3) sono senza dubbio i più pericolosi in quanto essi riducono il valore di umidità relativa critica favorendo la condensazione dell'acqua, accelerano il meccanismo di corrosione e sono responsabili delle piogge e di altre deposizioni acide (nebbie, condense e deposizioni secche).

Nell'aria sono sospese minuscole particelle solide e di aerosol quali polveri inorgan-



Immagine 12. Attacco corrosivo localizzato sulla saldatura. Fonte: Celestina Adams.

iche sollevate dal suolo dagli agenti atmosferici, particelle organiche di origine vegetale, microrganismi e altre sostanze organiche e residui di combustione e ceneri provenienti da impianti industriali. Depositandosi sulla superficie dei metalli, le particelle solide e di aerosol possono accelerare i fenomeni di corrosione favorendo il bagnamento per condensazione capillare negli interstizi e porosità del deposito e per condensazione chimica, in presenza di sali igroscopici, oppure perché possono agire come centri attivi per la nucleazione della condensazione.

La temperatura ha un ruolo complesso sulla corrosione atmosferica, infatti aumentando la temperatura aumenta la velocità delle reazioni elettrochimiche, accelera l'evaporazione del velo umido dalla superficie metallica, diminuisce la solubilità dell'ossigeno e si possono produrre cambiamenti delle proprietà protettive dello strato di prodotti di corrosione.

3.3.1.2 Metodi di prevenzione

La prevenzione o il controllo della corrosione possono essere ottenuti intervenendo sulle caratteristiche intrinseche o di superficie del metallo, agendo sulle proprietà chimico-fisiche dell'ambiente (composizione, temperatura, ecc.) o applicando tecniche di protezione elettrica. Le quattro più importanti forme di protezione sono pitture, rivestimenti metallici, anodizzazione e protezione catodica.



Immagine 13. Lastra in metallo rivestita da pittura. Nei punti in cui lo strato organico protettivo si è distaccato si nota un incremento di fenomeni corrosivi. Fonte: Free stock image.



Immagine 14 Il tempo e la plastica.

3.3.2 I MATERIALI POLIMERICI

I materiali polimerici, definiti comunemente materie plastiche, sono prodotti costituiti o contenenti come ingrediente principale, una sostanza organica ad alto peso molecolare (polimero) e che, per quanto solidi allo stato finale, durante alcuni stadi della loro fabbricazione sono abbastanza plastici per poter essere foggiate, sfruttando nella maggior parte dei casi l'effetto della temperatura o della pressione o di ambedue. Le materie plastiche possono classificarsi in numerosi modi, in base alle caratteristiche fisico-chimiche, ai metodi di preparazione ecc. In base alle caratteristiche fisico-chimiche si distinguono materie plastiche con proprietà plastiche, propriamente dette (termoplastiche o termoindurenti), e materie con proprietà elastiche. In base all'origine e ai metodi di preparazione si distinguono in naturali, cioè derivate da sostanze naturali già a struttura macromolecolare, e sintetiche, ottenute per poliaddizione o per policondensazione.

3.3.2.1 Fenomeni di degrado

La degradazione è il risultato, spesso indesiderato, dell'interazione tra materiale polimerico ed ambiente esterno. A volte i fenomeni degradativi sono auspicabili e specificatamente ricercati, ad esempio in problematiche di riciclo o quando si rende necessario controllare la solubilità o la coerenza del materiale polimerico (microlitografia, film polimerici per applicazioni in agricoltura etc.)¹⁸.

Tutti i materiali polimerici sono esposti a processi di degradazione in due fasi della loro vita:

- Nella trasformazioni plastiche, ovvero per stampaggio, estrusione, filatura, ecc. una degradazione avviene a causa dell'azione combinata di sollecitazioni meccaniche, del calore, dell'ossigeno.
- Durante il processing, in assenza di appropriate formulazioni stabilizzanti, possono essere introdotti nella matrice polimerica dei difetti, normalmente prodotti di termoossidazione che sono una delle cause di inizio degradazione nella successiva fase di utilizzo del manufatto.

Nell'impiego, per l'azione congiunta della luce, dell'ossigeno, di inquinanti atmosferici e di eventuali agenti specifici che dipendono dal tipo di applicazione.

I processi di degradazione determinano un deterioramento progressivo irreversibile delle proprietà del materiale polimerico fino a rendere inservibile il materiale per l'uso per il quale è stato progettato¹⁹. I fenomeni degradativi di un polimero sono riconoscibili dagli effetti che essi hanno sull'aspetto e sulle proprietà del polimero. Gli effetti più comuni sono: decolorazioni, infragilimento, appiccicosità, perdita di brillantezza, fessurazioni, sfarinamenti. Il comportamento alla degradazione

¹⁸ Luda M.P., (1996), "Meccanismi di degradazione termica dei polimeri: polimeri vinilici", in Aglietto M., *Degradazione e stabilizzazione dei materiali polimerici*, Pacini, Pisa, pp. 7-26.

¹⁹ Camino G., (1996), "La degradazione dei materiali polimerici", in Aglietto M., *Degradazione e stabilizzazione dei materiali polimerici*, Pacini, Pisa. pp. 1-5.



Immagine 15. Design focus n°4: Telefono Siemens Italtel S62, 1962. Fonte: museoscienza.org

dipende dal tipo di agente degradativo e dalla struttura chimico/morfologica del polimero. Pertanto il termine degradazione, che di solito è impiegato per indicare la demolizione della struttura molecolare di un composto, nel campo dei materiali polimerici è usato in senso più ampio per definire processi che comportano modificazioni chimiche di entità anche limitata, il cui effetto è però rilevante sulle proprietà fisico-meccaniche caratteristiche del materiale²⁰. La conoscenza dei meccanismi di degradazione rende possibile il controllo del processo.

Il deterioramento dei polimeri può avvenire per diverse cause :

1. Per attacco di solventi (solubilità, resistenza agli agenti chimici, eliminazione degli

²⁰ Camino G., (1996), *Op.Cit.*

additivi, ad esempio i plastificanti, rigonfiamento)

2. Per ossidazione in presenza di aria a temperature elevate (termoossidazione) o sotto azione di radiazione UV (fotoossidazione).
3. Per decomposizione, ovvero tramite irraggiamento con neutroni, radiazione γ , effetto del calore²¹.

Questo deterioramento può svilupparsi attraverso diverse modalità:

1. *Rigonfiamento* (provocato da un solvente). Processo fisico che comporta un incremento forte del volume del polimero accompagnato da eliminazione del plastificante e dissoluzione. I processi di rigonfiamento e di dissoluzione di un polimero dipendono dalla struttura del polimero, dalla forza dei legami intermolecolari e dalla tipologia di solvente. Il rigonfiamento avviene quando la polarità e carattere chimico del solvente sono simili a quella del polimero, in particolare il processo viene facilitato quando la struttura del polimero è amorfa, con reticolazione scarsa o assente.
2. *Invecchiamento* (Weathering). Degradazione del polimero in presenza di aria a temperature elevate (termoossidazione) o sotto azione di radiazione, UV (fotoossidazione), neutronica, γ . Il weathering comporta un rapido decadimento delle caratteristiche fisico-meccaniche del polimero, quali perdita di lucentezza superficiale, variazioni di colore, fessurazioni, sfarinamento in superficie, decadimento della tenacità, dell'allungamento della resistenza all'urto e allo strappo²².
3. *Corrosione*. Degradazione del polimero per reazione chimica alla superficie.
4. *Degradazione meteorica*. Combinazione dei deterioramenti di tipo 1,2 e 3, temporaneamente con film di acqua sulla superficie.
5. *Corrosione per tensione*. Contatto con soluzioni (ad esempio Metiletilchetone e PMMA).

3.3.2.2 Principali fonti degradanti

A) RADIAZIONI

La maggior parte dei materiali polimerici sono soggetti a degradazione o ossidazione quando esposti alla radiazione solare. Questo limita drasticamente le applicazioni di alcuni materiali per il cui uso è prevista una esposizione prolungata alla luce solare e/o artificiale. Le radiazioni UV (lunghezza d'onda 290-400 nm) attivano, per effetto dei radicali idrogeno, la rottura dei legami C-C e causano la formazione di idroperossidi termolabili, che a loro volta innescano una reazione a catena che, unitamente alla diminuzione delle proprietà meccaniche, comporta l'inizio dell'azione batterica e un

21 Elsener B., (2005), *I materiali polimerici*, dispense del corso "Degradazione (corrosione) dei materiali non-metallici", Università di Cagliari.

22 Gratani F., (1996), "Effetto dell'invecchiamento sulle proprietà dei polimeri", in Aglietto M., *Degradazione e stabilizzazione dei materiali polimerici*, Pacini, Pisa, pp. 287-309.

aumento del contenuto di umidità²³.

La velocità di fotodegradazione varia in funzione delle proprietà chimico-fisiche dei materiali e delle loro condizioni di impiego. I processi fotodegradativi o foto-ossidativi che avvengono nei materiali polimerici irradiati con radiazioni ultravioletta ne modificano le proprietà chimiche e fisiche.

Quando un fascio di fotoni investe un corpo materiale le molecole (o atomi) costituenti, in determinate condizioni, interagiscono con le radiazioni incidenti e, assorbendo quanti energetici ($E = h \nu$), passano, da uno stato fondamentale caratterizzato da una configurazione elettronica a bassa energia, a stati eccitati a più elevata energia. Le reazioni fotochimiche possono avvenire solo se le molecole costituenti hanno la capacità di assorbire, mediante un processo fotofisico, le radiazioni luminose. Solamente la radiazione assorbita provoca una fotodegradazione dei polimeri, per ogni polimero esiste infatti uno specifico intervallo di lunghezze d'onda che porta al degrado.

Affinché in un polimero si verificano reazioni fotochimiche è necessaria la presenza, lungo la catena macromolecolare, di speciali gruppi, detti cromofori, i quali hanno la capacità di assorbire quanti di luce passando in uno stato elettronicamente eccitato. In alcune circostanze la presenza contemporanea di gruppi cromofori diversi esalta l'attitudine di una molecola ad assorbire, mediante processi fotofisici, radiazioni elettromagnetiche.

23 Bertolotti G., Capitelli V., (2007), *Dizionario delle materie plastiche*, Tecniche Nuove, Milano.



Immagine 16. Ingiallimento e fessurazioni su cinturino in materiale polimerico dovuto a processi di weathering.

B) OSSIGENO

La reattività dei polimeri con ossigeno dipende dalla struttura chimica delle macromolecole (che possono essere stabili o instabili), dalla diffusione e dalla solubilità dell'ossigeno.

Il processo di ossidazione segue un meccanismo di tipo radicale:

Reazione iniziale: $-R-H \rightarrow -R^*$

Propagazione: $-R^* + O_2 \rightarrow -ROO^*$

$-ROO^* + R-H \rightarrow -ROOH + -R^*$

La reazione iniziale richiede una attivazione (calore, radiazione, luce, deformazione meccanica) per produrre i radicali $-R^*$. Spesso l'effetto dell'ossigeno è difficile da riconoscere, in quanto solo la lavorazione o temperature alte producono radicali e la reazione con l'ossigeno nel polimero può iniziare.

Il fenomeno di degradazione ossidativa è quello più frequente e quindi quello più importante. In presenza di ossigeno la maggior parte dei polimeri presenta una degradazione molto più alta e a temperature inferiori rispetto a quella che si ha in assenza di ossigeno. In condizioni normali la reazione tra ossigeno e polimero è generalmente lenta in quanto sfavorita sia termodinamicamente che dal punto di vista cinetico. Fattori che possono aumentare la produzione di radicali (calore, radiazioni, sollecitazioni meccaniche durante la trasformazione, etc.) aumentano la cinetica dell'ossidazione del polimero.

Le reazioni ossidative hanno inizialmente un periodo di induzione durante il quale non si notano visibili mutamenti del materiale; successivamente la velocità di ossidazione aumenta rapidamente (autocatalisi) in quanto i primi prodotti ossidati formatasi per reazioni di macroradicali con l'ossigeno, essendo loro stessi instabili, si decompongono poi con formazione di altri radicali dando origine a reazioni di trasferimento in catena che a loro volta, accelerando l'estrazione di idrogeno, producono molte specie radicaliche. Il processo diventa così autocatalitico. La degradazione ossidativa dei polimeri oltre ai tre consueti stadi d'inizio, propagazione e terminazione presenta anche gli stadi di conversione (da radicali idrocarburici a radicali perossidi) e di ramificazione della catena (responsabile dell'autocatalisi). La velocità di reazione dipende anche dalla concentrazione dell'ossigeno che diminuisce rapidamente passando dalla superficie e molto più lentamente all'interno del materiale polimerico: degradazione molto più rapida della superficie. Eventuali zone cristalline sono molto più resistenti all'ossidazione di quelle amorfe (l'ossigeno diffonde molto più rapidamente nelle prime).

L'ossidazione comporta nel polimero la riduzione del peso molecolare, variazioni di colore e di proprietà meccaniche ed elettriche²⁴.

24 Gennaro A., (1996), "Degradazione dei polimeri e ambiente di lavoro", in Aglietto M., *Degradazione e stabilizzazione dei materiali polimerici*, Pacini, Pisa, pp. 393-408

C) TEMPERATURA

Nell'intervallo di temperature atmosferiche (sino a 60 °C) i polimeri sono stabili e non avviene la reazione di decomposizione termica. Il calore può tuttavia causare a altri effetti: cicli di temperatura (caldo / freddo) provocano cambio della dimensione del polimero (dilatazione termica) con la possibilità della formazione di fessure mentre temperature alte favoriscono l'evaporazione degli additivi con peso molecolare basso (plastificanti, stabilizzanti, assorbanti UV, etc.). Il calore può portare a cambiamenti reversibili (dilatazione

termica) e irreversibili (degrado) dei polimeri. In presenza di ossigeno il degrado è più veloce (termo ossidativo) ed inizia a temperature più basse. Energia termica trasferita uniformemente a tutto il polimero viene usata in prima istanza per rompere i legami energeticamente più deboli (forze intermolecolari di Van der Waals, legami ad idrogeno inter e intramolecolari, etc.) e poi per scindere i legami chimici formando specie attive, generalmente radicali²⁵. La resistenza di un materiale al calore dipende dalla sua struttura intrinseca cioè dalla natura delle forze inter/intramolecolari e dei legami chimici che costituiscono le molecole. Polimeri come polietilene o polipropilene sono abbastanza resistenti contro la decomposizione termica. Il processo della depolimerizzazione porta alla formazione di prodotti gassosi e liquidi.

D) ACQUA E UMIDITÀ

Il contatto di polimeri con materiali solidi, liquidi e gas può provocare la penetrazione di questi materiali o relativi componenti nella struttura polimerica, riducendo in questo modo le forze dei legami intermolecolari e aumentando la mobilità delle molecole. Le principali conseguenze sono una diminuzione di modulo di elasticità, durezza e resistenza meccanica, l'abbassamento della Tg ed una modifica delle caratteristiche elettriche e fisiche. All'assorbimento di acqua è inoltre legato un aumento di volume, visualizzabile come un rigonfiamento²⁶.

E) SENSIBILIZZANTI E STABILIZZANTI

Durante la sintesi e la lavorazione composti estranei o additivi possono restare incorporati all'interno della massa polimerica (ad esempio: monomeri contenenti gruppi carbonilici, residui catalitici, tracce di idroperossido, pigmenti, additivi utili alla lavorazione, coloranti, mordenti, ecc.). Alcune di queste sostanze possono assorbire energia in un intervallo di lunghezza d'onda dove il polimero puro non assorbe, esse agiscono quindi come foto-sensibilizzanti e possono portare alla degradazione del polimero. La degradazione può essere evitata aggiungendo ai polimeri molecole monomolecolari (stabilizzanti) che hanno la funzione di assorbire la radiazione e di trasformarla in un intervallo di energia (lunghezza d'onda) innocuo²⁷.

25 Luda M.P., (1996), Op. Cit.

26 Saechtling H., (2006), *Manuale delle materie plastiche*, Tecniche nuove, Milano.

27 Elsener B., (2005), *I materiali polimerici*, Op.Cit.

3.4 Conclusioni

Dall'analisi effettuata nei paragrafi precedenti è emerso che entrambe le classi di materiali (naturali e artificiali) sono soggette a degrado di tipo chimico e fisico a seguito del passaggio del tempo.

Quello che fa valutare positivamente l'invecchiamento di una classe di materiali rispetto all'altra non è quindi la capacità di non mutare nel tempo, quanto più quella di **naturalizzarsi nell'ambiente in cui vengono posti**. Il legno, la carta, il cuoio sono materiali **vivi**, capaci di assorbire profumi e colori del paesaggio che li circonda. Come un buon vino messo a maturare in una botte per lunghi anni acquisisce profumo e corpo, così un mobile in legno si riveste negli anni di nuovi colori, di piccole difettosità che lo rendono unico.

Questi materiali appaiono vivi perché nel loro degradarsi sanno generare vita, diventando alla fine della loro esistenza nutrimento per altri esseri viventi, insetti e vegetali, che con i loro sgargianti colori nascono per sempre il cuore ormai morto del materiale, rivestendolo di una patina **viva**.

Si possono immaginare all'interno di un ciclo vitale, in cui nascono, crescono e muoiono fino a deteriorarsi diventando linfa per nuove nascite.

L'invecchiamento dei materiali naturali è dolce perché ci ricorda la nostra esistenza, perché ogni nuova macchia su un foglio di carta, ogni piega su una scarpa di cuoio ci parla della nostra vita, del primo capello bianco, dei mille solchi sulle nostre mani.

“Le rughe sulla pelle di un uomo, mostrano il passare del tempo, il suo invecchiamento fisico, ma anche tutto quello che egli ha vissuto fino a quel momento. Le cicatrici, i tagli, le macchie dalle pelle, piccole diversità che parlano di un passato, raccontano la storia della vita, la storia del singolo in relazione all'ambiente circostante. Il corpo con una superficie levigata di curve e insenature invecchia e si corruga, deperisce e muore. Il corpo, la sua superficie, il suo colore, la sua consistenza muta negli anni e si adatta al passare del tempo, a noi e al mondo.”²⁸

Viceversa tendiamo a non amare l'invecchiamento dei materiali artificiali perché ci risulta freddo e distante. Questo accade probabilmente perché, essendo noi che li abbiamo progettati e creati, viviamo il loro degrado come una nostra sconfitta.

Mal tolleriamo il loro invecchiamento perché li porta a rovinarsi, a cancellare quell'aura di splendente novità di cui erano inizialmente circondati rivestendosi di patine opache, di graffi e crepe senza però morire mai.

Ed è questo che spaventa di più, un'immortalità in cui la vita non è fermata nella sua fase più rigogliosa ma in quella più triste e decadente, **una vita eterna dove non esiste crescita, ma esclusivamente degrado**.

²⁸ Villa L., (2011), *Time Lapse*, tesi di laurea, Politecnico di Milano.

“Non c'è niente di male nel fatto che il legno diventi vecchio e sporco. Non lo si può biasimare: è la sua natura. Ma le plastiche sono state inventate. Perciò, quando diventano brutte, quando si squagliano o si spaccano, si dà la colpa all'inventore. Avrebbe dovuto far meglio il suo lavoro.”²⁹

La sfida che si pone al progettista è quella di capire a fondo le dinamiche scaturite dal passaggio del tempo, anche sui materiali artificiali. Tale comprensione può addirittura sfociare in una **rivalutazione dell'invecchiamento** “negativo” dei materiali artificiali, proprio grazie ad una profonda comprensione di quelle che sono le modificazioni che il tempo comporta sulle proprietà dei materiali (sia a livello emozionale che strutturale).

3.5 Scelta della classe di materiali

A questo punto si è reso necessario, ai fini della tesi, focalizzarsi su una singola classe di materiali di particolare interesse per il progettista. Si è scelto di non approfondire l'analisi sui materiali metallici in quanto esiste una vastissima bibliografia in merito, ed il loro invecchiamento è argomento ben noto al progettista. Le plastiche invece, pur essendo uno dei materiali maggiormente usati in campo progettuale, non sono quasi mai selezionate in base all'evoluzione che esse avranno nel tempo. Inoltre, nonostante la plastica sia un materiale estremamente soggetto ad invecchiamento, permette un ampio campo d'intervento al progettista per modificarne resistenza ad UV e ad altri agenti degradanti. È quindi essa stessa un materiale **PROGETTABILE per il tempo**. In un'ottica di sostenibilità ambientale è importante considerare come la plastica sia uno dei materiali maggiormente dismessi ogni anno.

Nel biennio 2010-2011 la produzione europea di rifiuti in plastica è aumentata del 2,4%, la raccolta rifiuti post-consumo ha infatti raggiunto 25,1 milioni tonnellate. Di questi, 10,3 milioni di tonnellate sono stati eliminati e 14,9 milioni di tonnellate sono state recuperate. I quantitativi raccolti per il riciclaggio di materie plastiche sono aumentati del 5,7%. Nonostante la profonda crisi economica il settore legato alla produzione e vendita delle materie plastiche ha sempre manifestato un trend di crescita costante. Tra il 2010 e il 2011 infatti la produzione mondiale di plastica è aumentata di circa 10 milioni di tonnellate (3,7%)³⁰. **La produzione di rifiuti rappresenta essenzialmente una perdita di risorse materiali e d'energia** per questa ragione è fonamen-

²⁹ Questo commento è stato espresso da uno dei partecipanti al sondaggio **Proud Plastics**, che la fondazione **Eternally Yours** ha creato per capire come veniva percepita l'immagine delle plastiche. Il progetto Proud Plastics è descritto nella seconda pubblicazione della Fondazione, intitolata “Time in Design”, pubblicata nel dicembre 2004. Fonte: www.proudplastics.nl

³⁰ PlasticsEurope, (2011), *Plastics – the Facts 2012. An analysis of European plastics production, demand and waste data*, www.plasticseurope.org

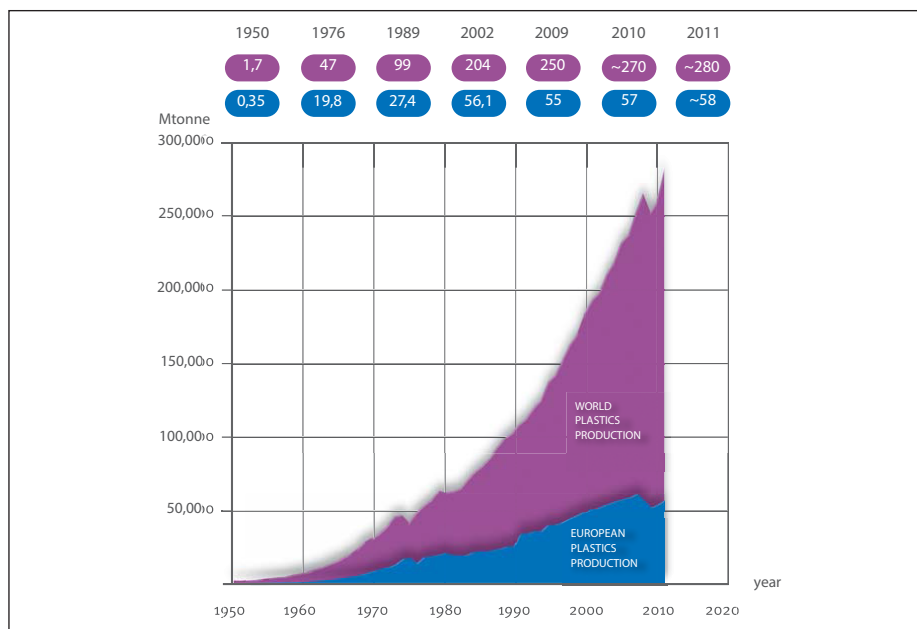
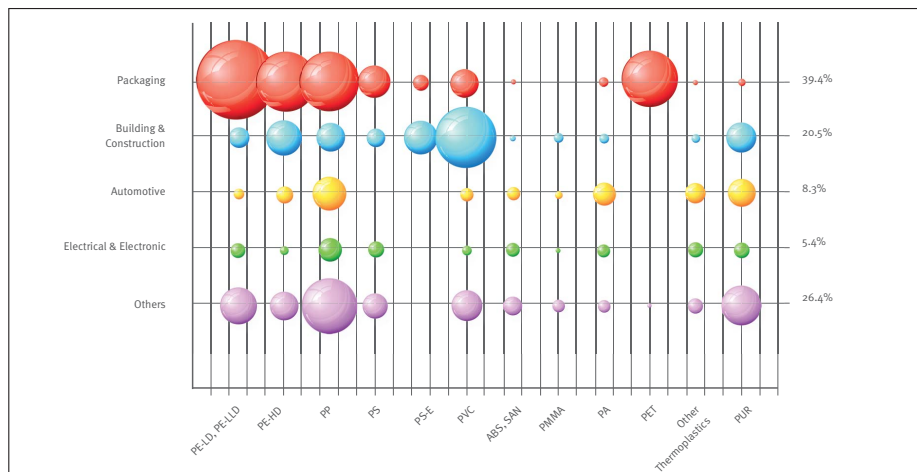


Grafico 1. Segmenti applicativi, per singolo materiale, di plastica in Europa 2011. Fonte: PlasticsEurope Market Research Group (PEMRG).

Grafico 2. Produzione mondiale di plastica 1950-2011. Include polimeri termoplastici e termoindurenti, poliuretani, elastomeri, adesivi, rivestimenti, sigillanti e fibre di PP. Non include fibre di PET, PA e Poliaccrilico. Fonte: PlasticsEurope Market Research Group (PEMRG).

tale evitare o ritardare, per quanto possibile, che gli oggetti si trasformino in rifiuti. Anche il progettista è responsabile della dismissione dei prodotti e, in un'ottica di sostenibilità ambientale, il suo compito può essere quello di allungarne la vita utile. Per questo è necessario comprendere quali possono essere le motivazioni che spingono i consumatori a trasformare in rifiuto artefatti in plastica ancora utilizzabili. Dall'analisi effettuata nel paragrafo 3.3.2 (L'invecchiamento dei materiali polimerici) è emerso come tutti i materiali polimerici siano esposti a processi di degradazione (quali decolorazioni, infragilimento, appiccicosità, perdita di brillantezza, fessurazioni, sfarinamenti) a causa dell'azione congiunta di luce, ossigeno, inquinanti atmosferici e di eventuali agenti specifici che dipendono dal tipo di applicazione.

Tuttavia alcuni manufatti vengono accettati nonostante manifestino fenomeni degradativi mentre ad altri prodotti non viene nemmeno concessa la possibilità di invecchiare. Possiamo quindi proporre una classificazione degli artefatti in plastica in base alla loro invecchiamento, essi possono infatti essere:

1. Invecchiati e rifiutati

Sono spesso oggetti dal prezzo medio-basso, soggetti a fenomeni di moda o di gusto. A seguito dell'esposizione ad agenti atmosferici subiscono un decadimento delle proprietà meccaniche e/o ottiche che spinge l'utente alla sostituzione dell'artefatto. La gradevolezza di tali prodotti è legata ad un piacere di uso precoce che tende a decrescere rapidamente nel tempo. La loro dismissione può essere causata da un eccessivo decadimento delle proprietà intrinseche del materiale (meccaniche, chimiche, ottiche,...) che rende gli artefatti inutilizzabile per lo scopo per il quale erano stati progettati, oppure da una obsolescenza estetica, che pur non compromettendo la funzionalità dell'oggetto, porta alla sostituzione dello stesso. (Immagine 17).

2. Invecchiati e accettati

Solitamente oggetti dal prezzo medio-alto, dotati di una riconoscibilità estetica e culturale. Possono essere cimeli di famiglia, oggetti di design, lampade, antichi telefoni, radio e televisori. La patina del tempo crea su di essi un incremento di valore, trasformandoli da prodotti industriali ad oggetti vintage testimoni di infinite storie vissute, nonché di un intrinseco valore economico e di design. Possono avere un valore storico o artistico. L'utente riesce ad instaurare con questa tipologia di oggetti una relazione affettiva, che lo porta ad accettare i segni inevitabili del tempo. Dallo studio Proud Plastics realizzato dalla fondazione Eternally Yours è emerso inoltre che gli oggetti in plastica invecchiati maggiormente accettati sono quelli caratterizzati da una certa pesantezza, pare infatti che gli oggetti molto leggeri vengano considerati più economici e quindi facilmente sostituibili. (Immagine 18).

3. Senza possibilità di invecchiare

Oggetti legati al mondo del packaging o dell'usa e getta, dalla brevissima vita funzionale, che si conclude solitamente dopo avere adempiuto ad un unico utilizzo. Sono

caratterizzati da un prezzo molto basso, che rende più economica la sostituzione piuttosto che la riparazione o il riutilizzo. (Immagine 19).

Ai fini di allungare di allungare la vita utile dei prodotti, allontanando nel tempo la loro dismissione si è scelto di applicare la strategia di *progettare per il tempo*³¹, esposta nel capitolo 2, alla categoria di oggetti **invecchiati e rifiutati**.

In questa categoria vi è inoltre il più grande spazio d'azione per il designer. Infatti sia nella seconda che nella terza categoria vediamo la presenza di un design in grado di stimolare una determinata lunghezza di vita del prodotto (breve o lunga che sia), ciò non accade per la prima categoria che, o per cause psicologico-emozionali o per cause strutturali, vede una dismissione prematura.

Sono stati quindi selezionati 5 differenti materiali polimerici (tre materiali amorfi, ABS, PC e PMMA, e due semicristallini PET e PP) considerati rappresentativi dell'universo progettuale di un designer, nonché sufficientemente differenziati in termini di caratteristiche visive, sensoriali e strutturali. ABS e PMMA sono i materiali maggiormente utilizzati per la produzione di scocche di piccoli elettrodomestici, il PP è il polimero in assoluto più utilizzato per la produzione di oggetti casalinghi, il PET è il materiale maggiormente utilizzato per la produzione di packaging mentre il PC, grazie alle sue ottime proprietà meccaniche ed ottiche viene spesso utilizzato sia nel campo del design che nel campo edile.

Nei capitoli seguenti verrà riportata l'analisi dell'invecchiamento sui materiali scelti, ricavata da letteratura scientifica, correlandola in seguito a test percettivi effettuati da un panel di utenti su campioni invecchiati, al fine di comprendere quali variazioni create sui materiali dal passaggio del tempo possano essere valorizzate, per poter allungare la vita utile dei prodotti.

31 Elaborata da Ostuzzi F., (2010), nella tesi di laurea *Gli oggetti (in) della crisi* e ripresa nel testo Ostuzzi F, Salvia G., Rognoli V., Levi M., (2011), *Il valore dell'imperfezione. L'approccio wabi sabi al design*, Franco Angeli, Milano.



Immagine 17. Sedie in plastica da giardino. Fonte: Royalty free stock images.
Immagine 18. Radio vintage. Fonte: Mark Amsterdam.
Immagine 19. Confezioni di cosmetici. Fonte: Chemchina.net.

3.6 Bibliografia del capitolo

Capitanucci M. V., (2010), Intervista a Michele De Lucchi, *Michele De Lucchi: lo zen delle case-scultura e i progetti ispirati a Gandhi*, www.wisesociety.it, consultato il 15/05/2012.

Cigada A., (2010), *Corrosione e protezione dei metalli*, dispense del corso di “Criteri di scelta e impiego di materiali”, Politecnico di Milano.

Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti Treccani, www.treccani.it.

Dispense del CDS Ingegneria ambientale e del territorio, (2008), *Tipologie significative per le strutture in legno naturale e legno lamellare*, Dipartimento di Chimica Inorganica ed Analitica, Università degli studi di Cagliari.

De Angelis E., (2011), *Legno e strutture in legno*, dispense del corso Patologia Edilizia e Diagnostica, Politecnico di Milano.

Luda M.P., (1996), “Meccanismi di degradazione termica dei polimeri: polimeri vinilici”, in Aglietto M., *Degradazione e stabilizzazione dei materiali polimerici*, Pacini, Pisa, pp. 7-26.

Mantovani O., (2002), “Degradazione del materiale cartaceo”, in Pubblicazioni degli Archivi di Stato, *Saggio 74*, Chimica e biologia applicate alla conservazione degli archivi, Union Printing, Roma.

SigmaKalon Univer S.p.a., (2007), *Conoscere il legno. Essenze e cause di degrado*, Novara.

Visentin A., (2007), *Metodi di conservazione e restauro della carta: valutazione degli effetti mediante risonanza magnetica*, tesi di laurea, Università degli Studi di Padova.

4. L' INVECCHIAMENTO DELLE MATERIE PLASTICHE

4.1 Premessa

In questo capitolo verranno riportati i risultati di diverse prove di invecchiamento effettuate sui cinque materiali polimerici selezionati. I dati trattati sono riferiti a materiali non stabilizzati, lo scopo non è infatti quello di fornire dati esaustivi sull'invecchiamento dei materiali in commercio (dati attualmente non disponibili), ma quanto più di fornire un metodo di analisi che renda tali informazioni fruibili per il progettista. La letteratura scientifica è infatti ricca di informazioni sull'invecchiamento dei materiali polimerici, che viene però spesso analizzato dal punto di vista chimico (rottura dei legami, aumento/diminuzione di peso molecolare,...) e quindi di difficile fruibilità per competenze esterne al settore. Pertanto i grafici riportati vogliono fornire uno strumento che permetta al designer una scelta più consapevole dei materiali, solo conoscendo come invecchieranno sarà infatti possibile progettarli in funzione della loro vita utile. Infatti finché i materiali non verranno progettati per il tempo essi risponderanno di volta in volta in maniera differenziata all'invecchiamento.

4.2 Acrilonite Butadiene Stirene

4.2.1 SCHEDA DEL MATERIALE

Proprietà generali	
Densità	1.02e3 - 1.08e3 kg / m ³
Prezzo	2.26 - 2.49 €/kg
Composizione	Acrilonitrile (15-35%) Butadiene (5-30%) Stirene (40-60%)
Base	Polimerica
Classe	Termoplastico amorfo
Proprietà meccaniche	
Modulo di Young	2 - 2.9 GPa
Modulo di compressione	1.03 - 2.68 GPa
Modulo di flessione	1.2 - 2.8 GPa
Modulo di taglio	0.319 - 1.03 GPa
Modulo Bulk	2.76 - 2.9 GPa
Coefficiente di Poisson	0.394 - 0.422
Fattore di forma	6.3
Snervamento	29.6 - 44.1 MPa
Resistenza alla trazione	35.9 – 69 MPa
Resistenza alla compressione	40 – 80 MPa
Resistenza alla flessione	20 – 100 MPa
Allungamento	8.9 - 13.2 % di def.
Durezza – Vickers	54 – 60 HV
Durezza - Rockwell M	75 - 115
Durezza - Rockwell R	113-124
Resistenza alla fatica ai 107 cicli	12 – 20 MPa
Tenacità a frattura	1.9 - 2.1 MPa.m 0.5

Coefficiente di perdita meccanica (<i>tan delta</i>)	0.0138 - 0.0446
Proprietà di impatto	
Resistenza all'urto con intaglio 23 °C	7.9 – 63 kJ / m ²
Resistenza all'urto con intaglio -30 °C	5.44 - 12.1 kJ / m ²
Resistenza all'urto senza intaglio 23 °C	108 – 200 kJ / m ²
Resistenza all'urto senza intaglio -30 °C	66.7 – 200 kJ / m ²
Proprietà termiche	
Temperatura di transizione vetrosa	88 – 120 °C
Temperatura d'inflessione 0.45MPa	77 – 113 °C
Temperatura d'inflessione 1.8MPa	77 – 104 °C
Temperatura massima di servizio	62 – 77 °C
Temperatura minima di servizio	-45 - -35 °C
Conducibilità termica	0.226 - 0.235 W / m °C
Calore specifico	1.39e3 - 1.41e3 J / kg °C
Coefficiente di dilatazione termica	108 – 234 μstrain / °C
Processabilità	
Ritiro lineare di iniezione	0,4-0,7%
Temperatura di fusione	177 – 260 °C
Temperatura di iniezione	50 – 70 °C
Campo di pressione per stampaggio	55 - 172 MPa
Proprietà elettriche	

Resistività elettrica	33.3e21 - 3e22 μohm.cm
Costante dielettrica	2.8 - 3.2
Fattore di dissipazione	0.003 - 0.006
Rigidità dielettrica	13.8 - 19.7 MV / m
Indice comparativo	400 - 600 V
Proprietà ottiche	
Indice di rifrazione	1.53 - 1.54
Trasparenza	Opaco
Assorbimento, permeabilità	
Assorbimento d'acqua @ 24 ore	0.2 - 0.45 %
Trasmissione vapore acqueo	2.04 - 3.2 g.mm / m ² giorno
Permeabilità (O ₂)	47.3 - 78.5 cm ³ mm / m ² day.atm
Resistenza	
Fiamma	Facilmente infiammabile
Acqua (fresca)	Eccellente
Acqua (sale)	Eccellente
Acidi deboli	Eccellente
Acidi forti	Uso limitato
Alcali deboli	Accettabile
Alcali forti	Eccellente
Solventi organici	Inaccettabile
Raggi UV (luce solare)	Scarsa
Ossidazione a 500C	Inaccettabile

Fonte: CES, Cambridge Engineering Selector Selector, GRANTA MI™, www.grantadesign.com

4.2.2 DESCRIZIONE

L'ABS, acrilonitrile-butadiene-stirene, è un copolimero stirenico con una vasta gamma di applicazioni industriali grazie alla sua eccellente combinazione tra costi, facilità di produzione e buone proprietà meccaniche, termiche, chimiche ed elettriche¹. Tali proprietà possono inoltre essere modificate per applicazioni specifiche cambiando le condizioni di innesto e la quantità di monomero. L'ABS viene tipicamente utilizzato per la produzione di caschi di sicurezza, pianali di camper, cruscotti per automobili e altri componenti interni, accessori per tubi, scocche per piccoli elettrodomestici, apparecchiature di comunicazione, hardware idraulico, copricerchi, calotte specchi satinati, rivestimenti interni dei frigoriferi, vassoi, scafi di imbarcazioni, grandi componenti per veicoli da diporto.

L'ABS è spesso utilizzato per applicazioni all'aperto, dove è richiesta una buona resistenza alle radiazioni UV, tuttavia questo materiale presenta instabilità agli agenti atmosferici, con una conseguente perdita di proprietà meccaniche, ottiche (cambiamenti di colore) e chimiche (reticolazione e scissione della catena).

I fattori che possono portare al degrado possono essere generati da cause esterne (raggi UV, ossigeno, umidità e temperatura) o dalle caratteristiche intrinseche del polimero (volume libero, temperatura di transizione vetrosa, morfologia e impurità). La degradazione foto-ossidativa avviene con ingiallimento e crazing degli strati superficiali.

È stato dimostrato come la foto-degradazione ossidativa dell'ABS sia fortemente correlata alla presenza di Butadiene, i componenti butadienici fungono infatti da foto-attivatori, inducendo l'ossidazione della componente polistirene della macrofase stirene-acrilonitrile (SAN).² Tale studio ha inoltre dimostrato come la degradazione di film in ABS, irradiati a $\lambda > 300$ nm, si verifichi inizialmente sulla superficie e che la sua estensione è proporzionale allo spessore del campione, la superficie esposta direttamente alla radiazione subisce infatti maggiori danni rispetto a strati interni.

4.2.3 VALUTAZIONE DEL DEGRADO

4.2.3.1 Metodologie di natural weathering

Ai fini di comprendere al meglio i meccanismi di degrado vengono riportati i risultati dell'esposizione naturale di campioni in ABS non stabilizzato (Terluran HI-10 da BASF), adatto per stampaggio ad iniezione ed estrusione fornito da Colorgal-Cores de Portugal, Lda. (Lisbona, Portogallo). L'invecchiamento naturale è stata effettuata a Lisbona (caldo, clima mediterraneo). I campioni ottenuti sono stati collocati su di un supporto di legno, inclinato di 45°, esposto a sud, il periodo di esposizione totale è stato di

1 Kulich D.M., Pace J.E., Fritch L.W. Jr., Brisimitzakis A., (1991), *Encyclopedia of Chemical Technology*, Wiley, New York, pp. 391. Citato in: Santos R.M., Botelho G.L., Machado A.V., (2010), *Artificial and natural weathering of ABS*, Journal of Applied Polymer Science, vol. 116, pp. 2005–2014.

2 Piton M., Rivaton A., (1997), *Photo-oxidation of ABS at long wavelengths ($\lambda > 300$ nm)*, Polymer Degradation and Stability, vol.55, pp. 147–157.

quattro mesi a partire dal 9 novembre 2007. La temperatura di superficie, misurata con una termocoppia, è risultata di 23, 17.5, 20, e 14 °C rispettivamente nei mesi di novembre, dicembre, gennaio e febbraio. L'umidità relativa media durante gli esperimenti è stata del 73%.³

3 Misurazioni. L'analisi delle modificazioni chimiche che si verificano sulla superficie del materiale sono state eseguite mediante spettroscopia a raggi infrarossi. La misura della colorazione è stata effettuata usando uno spettrofotometro Datacolor 650 TM, sorgente luminosa D65, con angolo di osservazione a 10°. I cambiamenti di colore nei campioni esposti sono stati monitorati attraverso valori tristimolo, (L^* , a^* , b^* e), secondo il sistema di colore CIELAB. Le proprietà meccaniche del film di ABS non esposti e sottoposti ad invecchiamento naturale sono stati caratterizzati mediante esperimenti di sforzo-deformazione. Gli esperimenti di trazione sono state effettuate con un tasso di deformazione di 0,2 mm / min in direzione perpendicolare all'orientamento macchina, a temperatura ambiente. Il comportamento termico del film di ABS è stata valutata mediante analisi calorimetrica differenziale usando un DSC Metter 821, sotto un flusso costante di Argon.

A) Proprietà generali

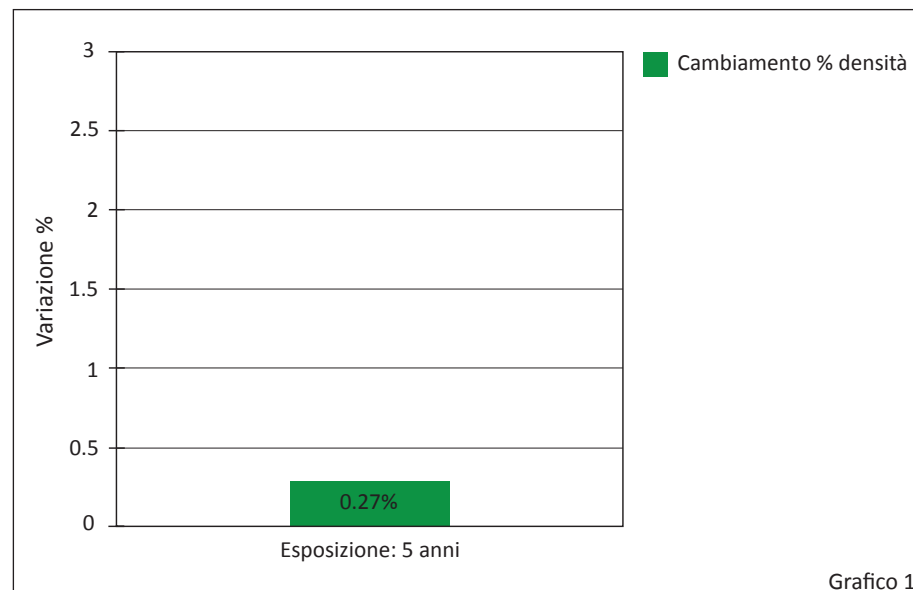


Grafico 1. Cambiamenti di densità di un campione in ABS. Natural weathering, 5 anni di esposizione. Fonte: Kubota H., Suzuki S., Nishimura O., Tamura I., Yoshikawa K., Shirota T., (1981), *Hokkaido Kogyo Kaihatsu Shikensho Hokoku*.

I polimeri degradati subiscono una variazione di densità, che tende solitamente ad

aumentare, tuttavia il cambiamento di densità non è un indicatore di weatherstability⁴.

Dal grafico 2 emerge come la rugosità superficiale tende a rimanere costante per i primi due anni di esposizione, il primo strato degradato tende infatti a proteggere gli strati sottostanti. Quando lo strato degradato viene rimosso la rugosità superficiale tende ad aumentare molto rapidamente.

4 Resistenza all'invecchiamento.



Grafico 2. Cambiamenti di rugosità superficiale di un campione in ABS. Natural weathering, 5 anni di esposizione. Fonte: *Kogyo Kaihatsu Shikensho Hokoku*. Op. Cit.

B) Proprietà ottiche

Una delle cause dell'esposizione agli agenti atmosferici dell'ABS è una modifica delle proprietà ottiche. Nel grafico 3 si nota come varia, in base ai giorni di esposizione, la trasmittanza luminosa percentuale dei campioni esposti. Si nota come le maggiori variazioni sono provocate nel gruppo butadiene.

Il grafico 4 mostra invece le modificazioni di colorazione dei campioni. Si nota un graduale aumento dell'indice di ingiallimento durante i primi 60 giorni di esposizione, dopo tale periodo il valore tende a diventare stabile. J.L. Gardette⁵, nello studio Pho-

5 Jouan X., Gardette J.L., (1992), *Photo-oxidation of ABS: Part 2—Origin of the photodiscoloration on irradiation at long wavelengths*, Polymer Degradation and Stability, vol. 36, pp.91-96.

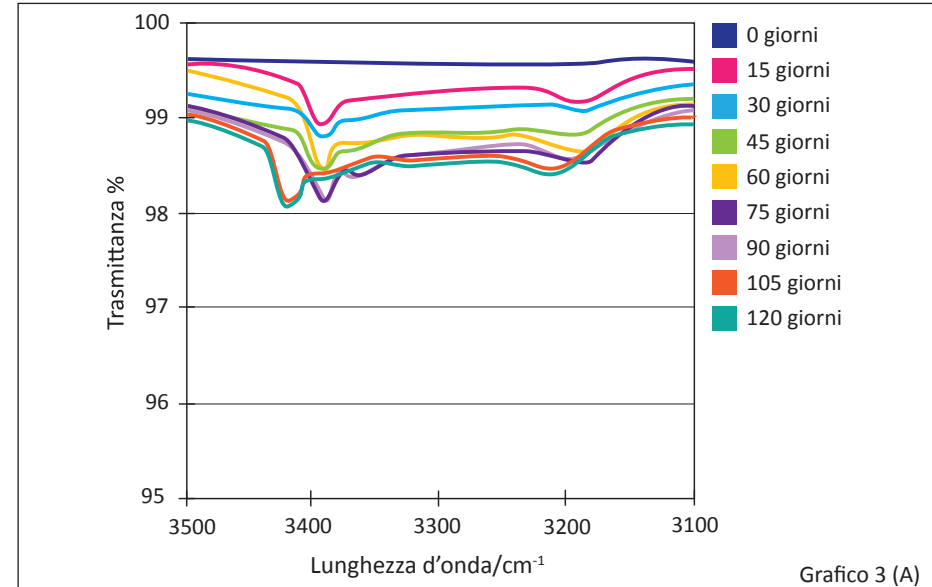


Grafico 3 (A)

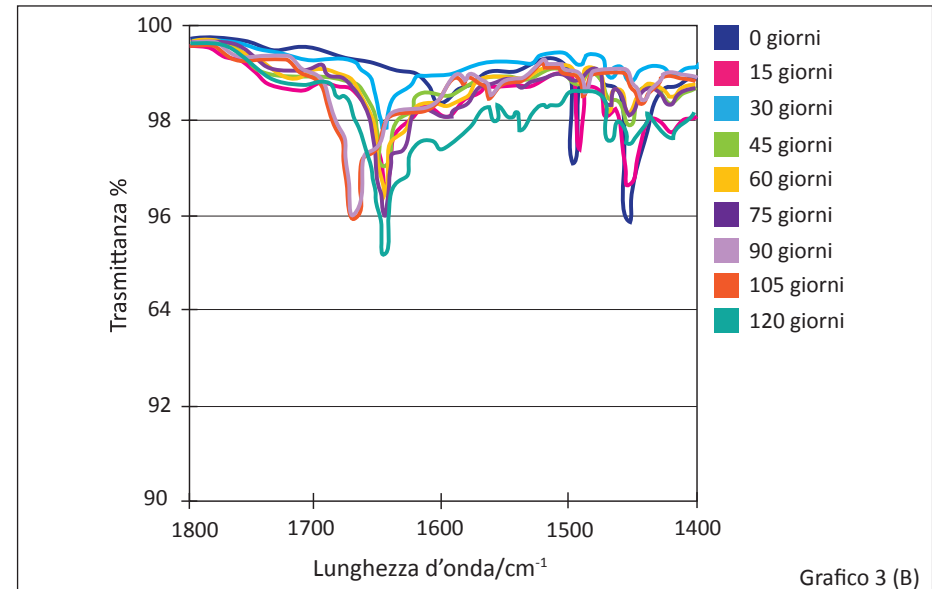


Grafico 3 (B)

Grafico 3: Analisi della trasmittanza luminosa di campioni in ABS. Natural weathering, 120 giorni di esposizione, Lisbona, Portogallo. a) gruppo ossidrilico, (b) gruppo carbonilico, e (c) gruppo butadiene. Fonte: *Artificial and natural weathering of ABS*. Op. Cit.

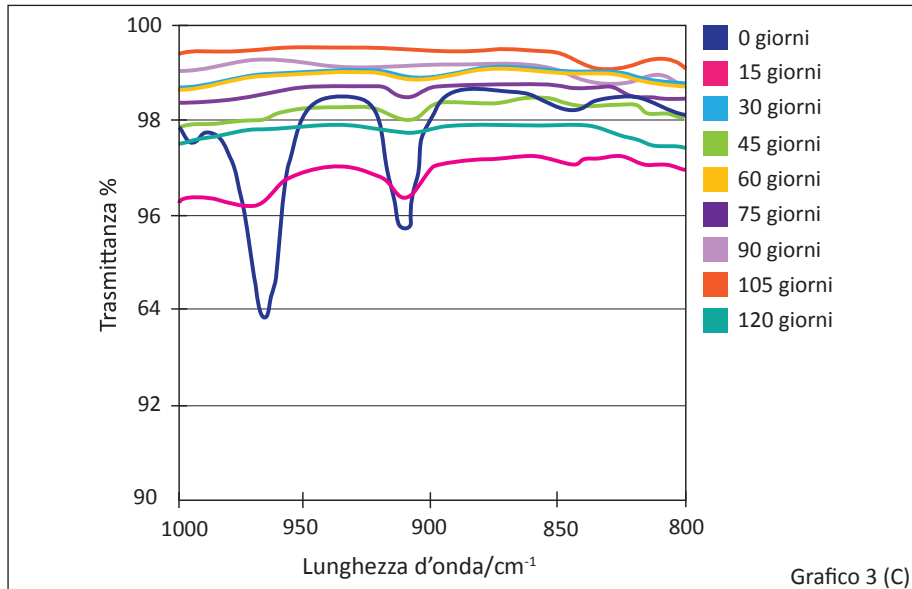


Grafico 3 (C)

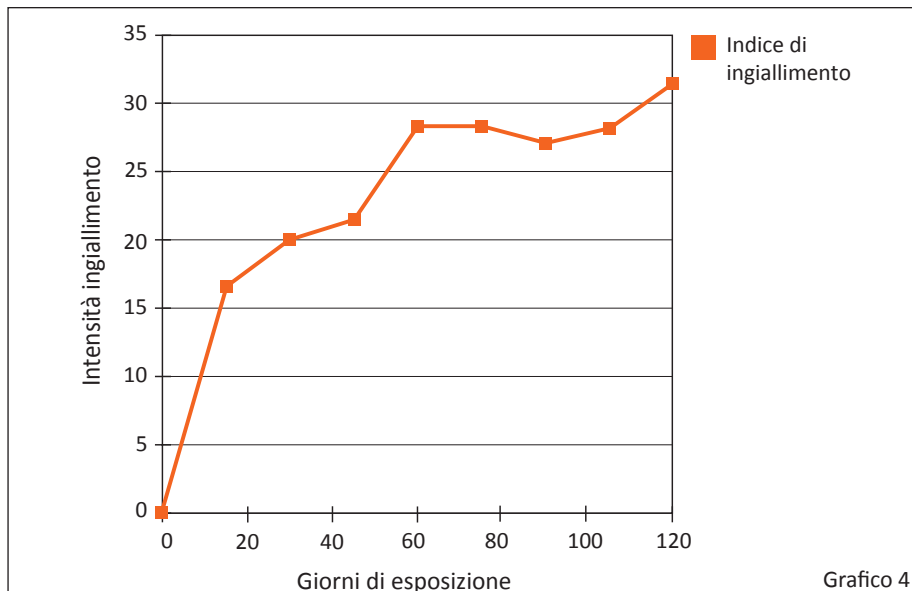


Grafico 4

Grafico 4. Ingiallimento di un campione in ABS. Natural weathering, 120 giorni di esposizione, Lisbona. Fonte: *Artificial and natural weathering of ABS*. Op. Cit.

to-oxidation of ABS ha provato come l'ingiallimento di ABS sottoposto ad irradiazione di lunghezza d'onda, in presenza di ossigeno, sia dovuto alle reazioni foto-ossidazione del componente PS nella macrofase SAN, indotto dalle specie radicali formatesi durante l'ossidazione del PB.

C) Proprietà meccaniche

È noto che i cambiamenti nella struttura chimica e morfologica di un polimero sono responsabili del deterioramento delle sue proprietà meccaniche. Per monitorare il comportamento meccanico sono state calcolate curve sforzo-deformazione utilizzando pellicole di ABS con tempi di esposizione differenti in condizioni standard. L'ABS è un materiale polimerico che presenta un comportamento duttile prima dell'esposizione e, come conseguenza del processo di degradazione del materiale, diventa fragile in quanto il plateau di deformazione plastica viene drasticamente ridotto. L'allungamento a rottura è stato usato come indicatore del processo di degrado in quanto una riduzione del valore iniziale di allungamento a rottura superiore al 50% rende il materiale degradato inadatto a molteplici applicazioni. Se per esempio progettiamo una mensola, imponendo che durante il suo utilizzo dovrà garantire una deformazione di 2 mm, sappiamo che dopo 3 anni tale valore sarà ridotto del 38%, portando quindi ad una deformazione permanente dell'oggetto. Sebbene il degrado sia un fenomeno che si verifica inizialmente sulla superficie del

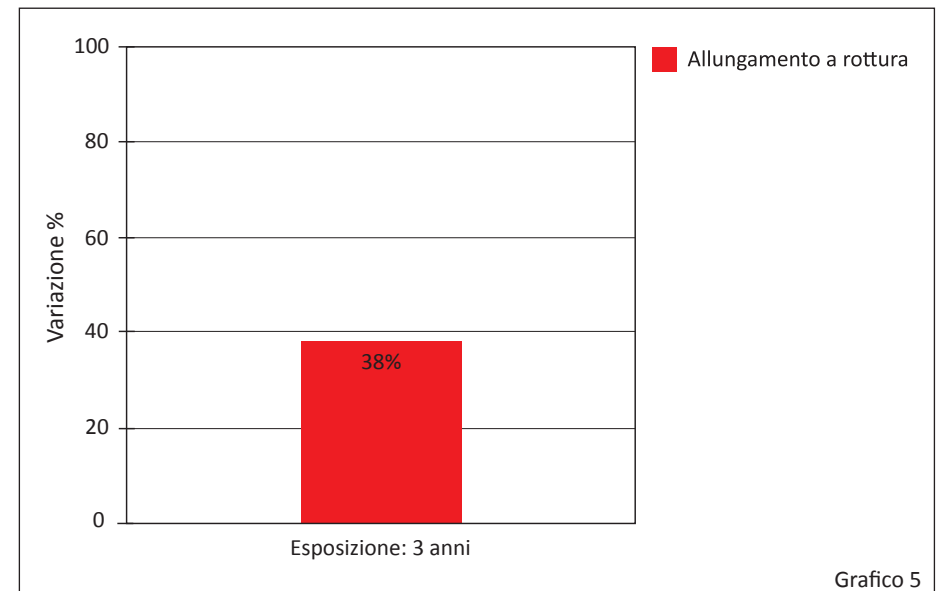


Grafico 5

Grafico 5. Variazione percentuale di allungamento a rottura di un campione in ABS. Natural weathering, 3 anni di esposizione, Giappone. Fonte: *Kogyo Kaihatsu Shikensho Hokoku*. Op.Cit.

materiale è noto che la radiazione UV comporta danni all'interno del campione, comportando una perdita di proprietà di meccaniche.

Dal grafico 6 si nota come le pellicole in ABS subiscano una diminuzione di resistenza a trazione di circa il 80% dopo 15 giorni. La drastica perdita di capacità di deformazione osservata nelle prime ore di esposizione rende il copolimero meccanicamente fragile e inadeguato per diverse applicazioni. Questo comportamento può essere spiegato con il cambiamento chimico che si verifica inizialmente sulla superficie del materiale, il contenuto di butadiene infatti dopo soli 15 giorni di esposizione risulta il 9% della quantità iniziale. L'ossidazione superficiale dell'ABS ha quindi un'influenza importante nelle prestazioni meccaniche. L'elevata diminuzione dell'allungamento a rottura si spiega inoltre considerando che il processo di degradazione induce fragilità superficiale, con conseguente formazione di crepe e propagazione di cricche all'interno del polimero.

Anche se la diminuzione del contenuto di butadiene è la ragione principale per la perdita meccanica, la caratterizzazione reologica è stato eseguito per ottenere ulteriori informazioni sul processo di degradazione. L'evoluzione della viscosità complessa e del modulo elastico, calcolata su una gamma di frequenze, è rappresentato nel grafico 8. Una leggera diminuzione di viscosità e modulo può essere notata nei campioni esposti 15 giorni mentre una riduzione significativa è stata osservata per i campioni

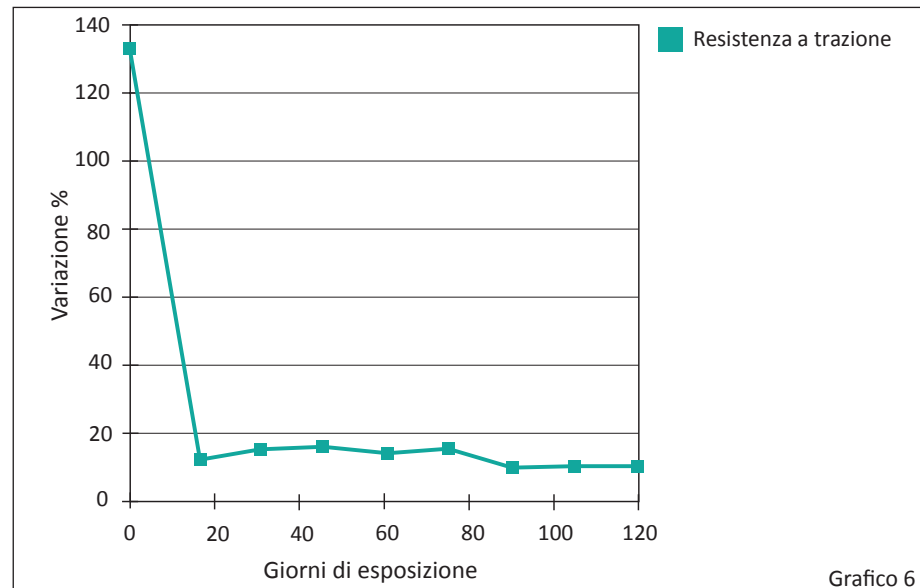


Grafico 6. Variazione percentuale di resistenza a trazione di un campione in ABS. Natural weathering, 120 giorni di esposizione, Lisbona, Portogallo. Fonte: *Artificial and natural weathering of ABS*. Op. Cit.

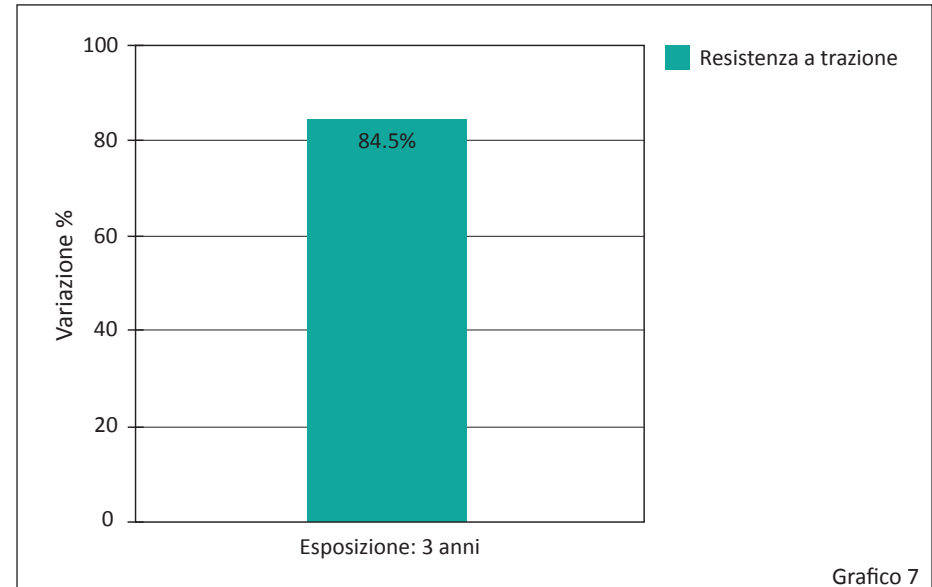


Grafico 7. Variazione percentuale di resistenza a trazione di un campione in ABS. Natural weathering, 3 anni esposizione, Giappone. Fonte: *Kogyo Kaihatsu Shikensho Hokoku*. Op. Cit.

esposti 120 giorni. Dai risultati emerge come la degradazione dovuta all'esposizione naturale può essere causata da una scissione della catena. Così, oltre la diminuzione del contenuto butadiene, la perdita di proprietà meccaniche possono essere causate da scissione di catene e formazione fessure, e dalla loro propagazione lungo lo spessore.

D) Proprietà termiche

L'ABS è un copolimero amorfo che presenta due differenti temperature di transizione vetrosa (Tg): una a -58,1 °C, riferita alla componente butadiene, l'altra a 112,2 °C corrispondente alla macrofase acrilonitrile-stirene⁶.

Come designers ben sappiamo che proprio queste temperature sono alla base della progettazione, poiché quando il materiale viene raffreddato al di sotto della Tg proprietà meccaniche come elasticità e tenacità diminuiscono drasticamente, il materiale diventa rigido e fragile risultando quindi inadatto per gli scopi per cui inizialmente era stato selezionato.

La tabella 1 mostra i valori di Tg della macrofase acrilonitrile-stirene ottenuti per i campioni esposti agli agenti atmosferici. Dopo i 120 giorni di esposizione si è notato

⁶ Blom H., Yeh R., Wojnarowski R., Ling M., (2006), *Detection of degradation of ABS materials via DSC*, *Thermochimica Acta*, Vol. 442, pp. 64-66.

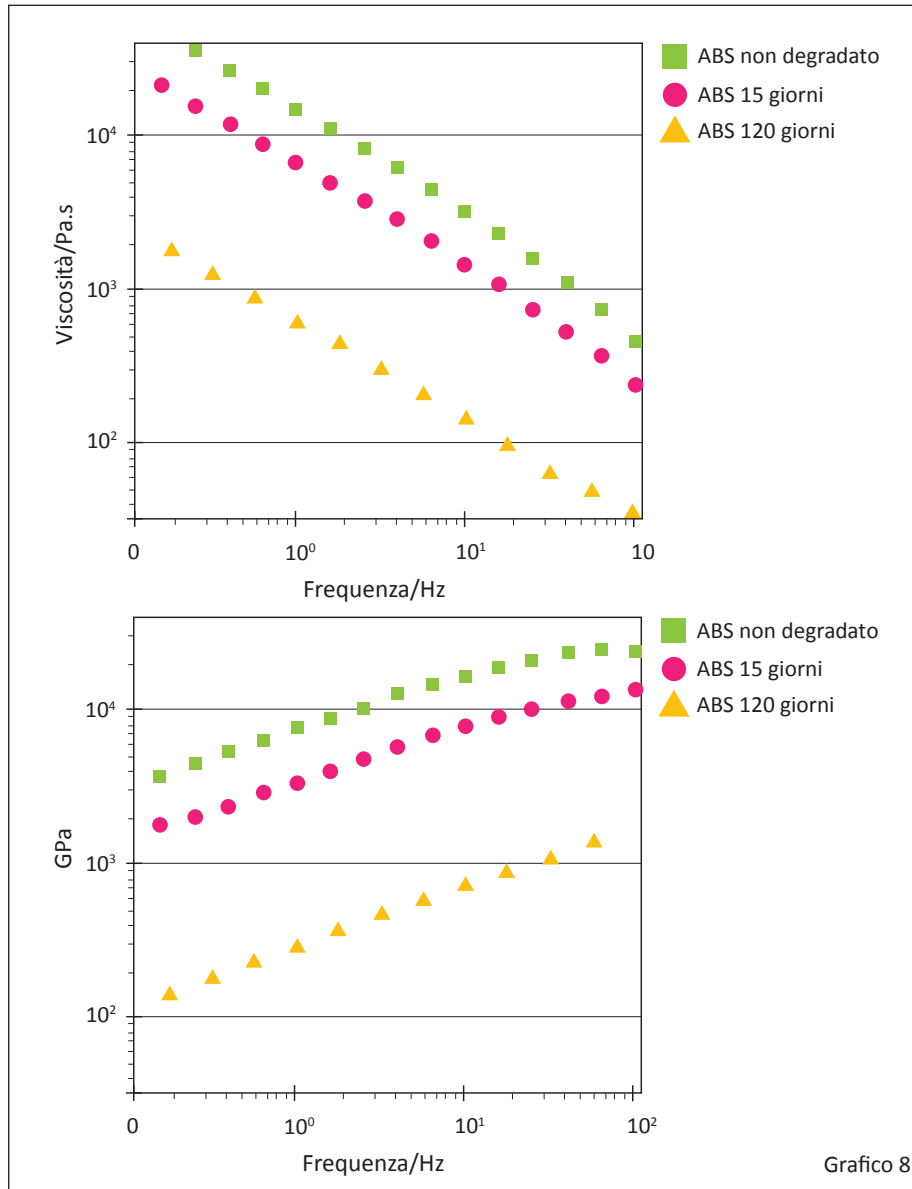


Grafico 8. Confronto tra viscosità e modulo elastico di campioni con differenti gradi di esposizione agli agenti atmosferici, Lisbona, Portogallo.
Fonte: *Artificial and natural weathering of ABS*. Op. Cit.

come essi presentassero un valore inferiore di T_g, questo comportamento può essere spiegato con la formazione di catene molecolari di dimensioni più piccole, come conseguenza della scissione di catena lungo il processo di degradazione.

Campioni	T _g ± Δ T _g (°C)
ABS non esposti	102,80 ± 0,68
ABS 90 giorni	102,30 ± 0,09
ABS 120 giorni	100,46 ± 0,93

Tabella 1. Temperatura di transizione vetrosa (° C) di campioni in ABS non esposti ed esposti agli agenti atmosferici, Lisbona, Portogallo.
Fonte: *Artificial and natural weathering of ABS*. Op. Cit.

4.2.3.2 Metodologie di artificial weathering

Lo studio giapponese *Kogyo Kaihatsu Shikensho Hokoku* ⁷ ha dimostrato come differenti metodi di invecchiamento accelerato possano portare a valutazioni della degradazione diverse tra loro. Nei grafici sottostanti vengono riportati i risultati di differenti metodi di invecchiamento accelerato sulle proprietà dei campioni in ABS.

A) Proprietà ottiche

Dal grafico 10 si nota come l'invecchiamento tramite l'utilizzo di Xenon weatherometer sia quello che maggiormente incide sulla variazione cromatica dei campioni.

⁷ Kubota H., Suzuki S., Nishimura O., Tamura I., Yoshikawa K., Shiota T., (1981), Op. Cit.

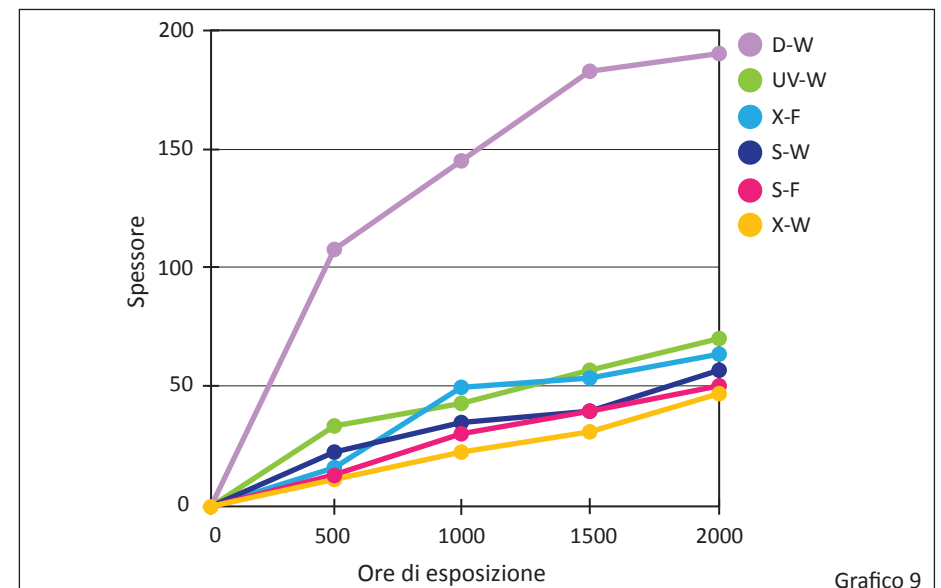


Grafico 9

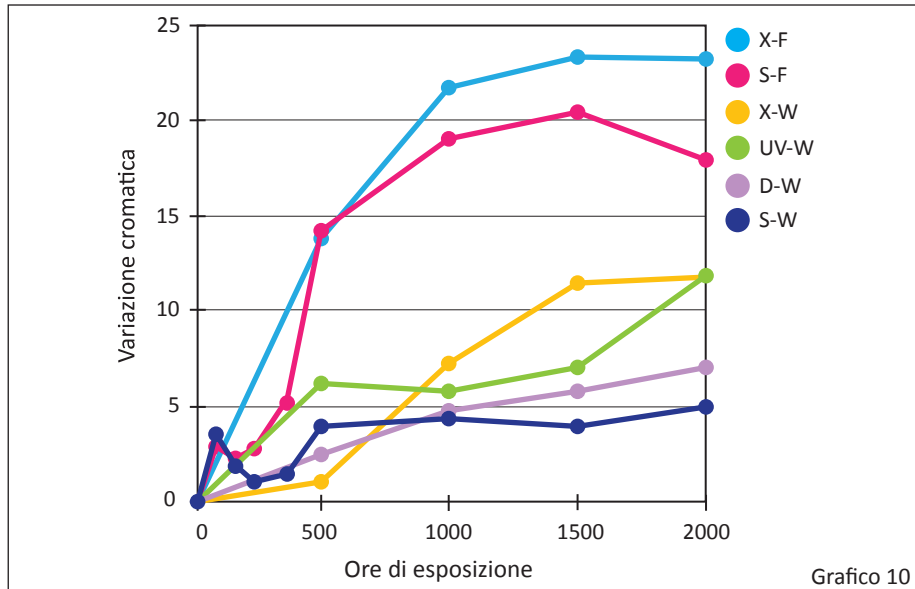


Grafico 9. Spessore dello strato degradato di campioni in ABS invecchiato con differenti metodologie [SW-Sunshine weatherometer, XW-xenon weatherometer, UVW-UV-carbon weatherometer, DW-dewcycle weatherometer, SF-Sunshine fadeometer, XF-xenon fadeometer]. Artificial weathering, 2000 ore di esposizione. Fonte: *Kogyo Kaihatsu Shikensho Hokoku*. Op. Cit.

Grafico 10. Differenze cromatiche di ABS invecchiato con differenti metodologie [SW-Sunshine weatherometer, XW-xenon weatherometer, UVW-UV-carbon weatherometer, DW-dewcycle weatherometer, SF-Sunshine fadeometer, XF-xenon fadeometer]. Fonte: *Kogyo Kaihatsu Shikensho Hokoku*. Op. Cit.

B) Proprietà meccaniche

Per l'allungamento a rottura si verifica una sostanziale sovrapposizione dei risultati ottenuti con i differenti metodi. Si nota come dopo una iniziale decrescita repentina ottenuta nelle prime 500 ore di esposizione i campioni, che comporta una riduzione del 60% del valore iniziale, l'allungamento a rottura tende a stabilizzare il suo valore. Alla luce di quanto emerso dagli studi il designer che progetta con l'ABS dovrà porre particolare attenzione sia all'**ingiallimento** del materiale, che si presenta con una forte intensità già dai primi giorni di esposizione, che alla **resistenza a trazione**, che dopo soli 20 giorni di esposizione subisce una drastica riduzione. Nella fase di selezione del materiale il designer, consapevole di quali sono le proprietà che andranno maggiormente a variare, dovrà quindi selezionare la tipologia di stabilizzanti da aggiungere al materiale vergine in base alle proprietà che nel tempo vorrà preservare.

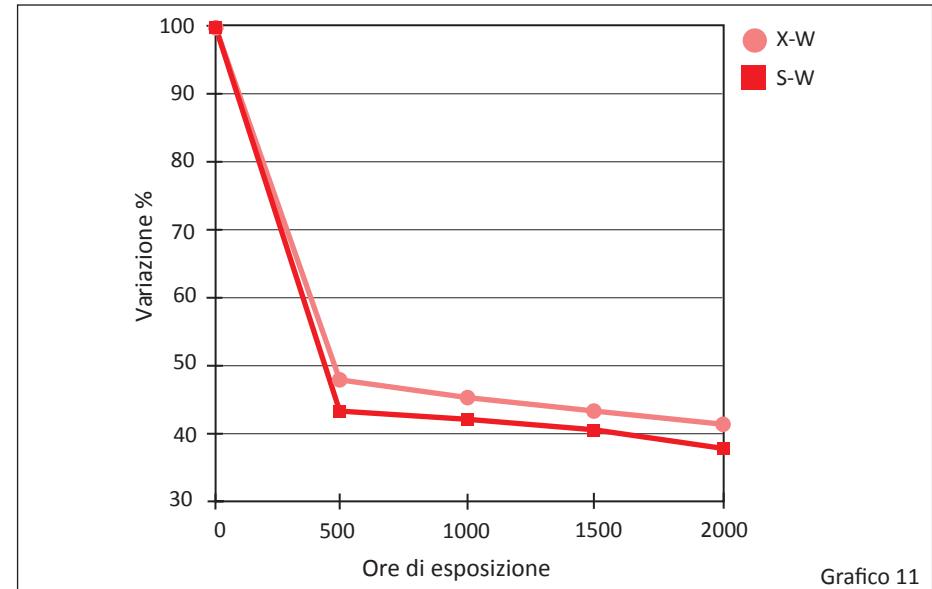


Grafico 11. Variazione percentuale di allungamento a rottura di campioni in ABS esposti a differenti metodologie di invecchiamento [SW-Sunshine weatherometer, XW-xenon weatherometer]. Artificial weathering, 2000 ore di esposizione. Fonte: *Kogyo Kaihatsu Shikensho Hokoku*. Op. Cit.

4.3 Policarbonato

4.3.1 SCHEDA DEL MATERIALE

Proprietà generali	
Densità	1.19e3 - 1.2e3 kg / m ³
Prezzo	3.78 - 4.16 €/kg
Composizione	(OC6H4C(CH3)-2C6H4OC=O)n
Base	Polimerica
Classe	Termoplastico amorfo
Proprietà meccaniche	
Modulo di Young	2.29 - 2.31 GPa
Modulo di compressione	2.29 - 2.31 GPa
Modulo di flessione	2.33 - 2.4 GPa
Modulo di taglio	0.829 - 0.872 GPa
Modulo Bulk	3.74 - 3.84 GPa
Coefficiente di Poisson	0.391 - 0.407
Fattore di forma	4.6
Snervamento	59.7 - 60.7 MPa
Resistenza alla trazione	57.8 - 58.5 MPa
Resistenza alla compressione	71.6 - 72.8 MPa
Resistenza alla flessione	59.7 - 60.7 MPa
Allungamento	108 - 122 % di def.
Durezza - Vickers	17.7 - 19.6 HV
Durezza - Rockwell M	70 - 75
Durezza - Rockwell R	120 - 126
Resistenza alla fatica ai 107 cicli	23.7 - 30.8 MPa
Tenacità a frattura	2.1 - 2.3 MPa. m 0.5

Coeff. di perdita meccanica (<i>tan delta</i>)	0.0164 - 0.0172
Proprietà di impatto	
Resistenza all'urto con intaglio 23 °C	51.8 - 84.6 kJ / m ²
Proprietà termiche	
Temperatura di transizione vetrosa	142 - 158 °C
Temperatura d'inflessione 0.45MPa	136 - 139 °C
Temperatura d'inflessione 1.8MPa	125 - 131 °C
Temperatura massima di servizio	101 - 116 °C
Temperatura minima di servizio	-43 - 7°C
Conducibilità termica	0.193 - 0.218 W / m. °C
Calore specifico	1.15e3 - 1.25e3 J / kg. °C
Coefficiente di dilatazione termica	97.9 - 100 µstrain / °C
Temperatura di rammollimento Vicat	120 - 125 °C
Processabilità	
Ritiro lineare di iniezione	0.5 - 0.7 %
Temperatura di fusione	205 - 298 °C
Temperatura di iniezione	70 - 100 °C
Campo di pressione per stampaggio	55 - 103 MPa
Proprietà elettriche	
Resistività elettrica	1e20 - 1e21 µohm.cm
Costante dielettrica	2.9 - 3

Fattore di dissipazione	6.03e-4 - 0.0101
Rigidità dielettrica	28.4 - 29.6 MV / m
Indice comparativo	175 - 325 V
Proprietà ottiche	
Indice di rifrazione	1.58 - 1.59
Trasparenza	Qualità ottica
Assorbimento, permeabilità	
Assorbimento d'acqua @ 24 ore	0.0195 - 0.0205 %
Trasmissione vapore acqueo	0.224 - 0.308 g.mm / m ² giorno
Permeabilità (O ₂)	91.6 - 105 cm ³ mm / m ² day.atm
Resistenza	
Fiamma	Auto-estinguente
Acqua (fresca)	Eccellente
Acqua (sale)	Eccellente
Acidi deboli	Eccellente
Acidi forti	Eccellente
Alcali deboli	Accettabile
Alcali forti	Inaccettabile
Solventi organici	Uso limitato
Raggi UV (luce solare)	Discreto
Ossidazione a 500C	Inaccettabile

Fonte: CES, Cambridge Engineering Selector Selector, GRANTA MI™, www.grantadesign.com

4.3.2 DESCRIZIONE

Il PC è una resina termoplastica, ad alta temperatura di rammollimento, dotata di elevata viscosità allo stato fuso. I policarbonati appartengono alle resine poliestere, anche se si distinguono da queste per molti aspetti. Caratterizzati da buone proprietà meccaniche (apprezzabile resistenza, elevata resilienza, anche a bassa temperatura) ed elettriche, sono trasparenti e presentano una facile lavorabilità alle macchine utensili. Il policarbonato più importante è quello ottenuto da bisfenolo-A.

Per il complesso, particolarmente significativo, delle sue proprietà, è usato per parti di macchine di diverso tipo (elettriche, utensili ecc.), per fabbricare lastre infrangibili per vetri di sicurezza, facciali per caschi, elmetti protettivi, carcasse di apparecchi elettrodomestici, parti di automobili, involucri per strumenti di illuminazione, stoviglie e posate, componenti medici sterilizzabili; è inoltre usato come rivelatore di particelle nucleari altamente ionizzanti⁸.

Uno dei principali inconvenienti del policarbonato è la sua scarsa resistenza alle radiazioni solari, il PC infatti è un buon assorbitore di luce ultravioletta, l'energia assorbita causa reazioni fotochimiche che portano alla degradazione superficiale del polimero.

4.3.3 VALUTAZIONE DEL DEGRADO

4.3.3.1 Metodologie di natural weathering

A) Proprietà ottiche

Sebbene il degrado sia un fenomeno che si verifica inizialmente sulla superficie del materiale è noto che la radiazione UV comporta danni all'interno del campione, tanto più nel caso di materiali trasparenti, come il PC, in cui la radiazione UV viene facilmente trasmessa anche agli strati più interni.

Una progressiva esposizione alla luce UV comporta un deciso ingiallimento del campione che in meno di un anno tende a raddoppiare il suo valore iniziale. L'ingiallimento di un materiale trasparente viene maggiormente percepito in oggetti con forme articolate tridimensionalmente, in particolare in presenza di spigoli. Se il progettista vuole quindi diminuire la percezione dell'ingiallimento, oltre ad una opportuna stabilizzazione UV del materiale, dovrà concepire una geometria dell'oggetto caratterizzata da ampi raccordi e curvature.

B) Proprietà meccaniche

Per valutare le variazioni di proprietà meccaniche campioni in PC sono stati sottoposti a natural weathering con diverse modalità:

1. esposizione diretta,
2. esposizione filtrata da pellicola nera (schermatura totale dai raggi UV e aumento di temperatura),
3. esposizione filtrata da pellicola bianca (schermatura parziale raggi UV, temperatura

⁸ Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti Treccani, www.treccani.it, consultato il 08/10/2012

ambiente),

4. esposizione a temperatura controllata (campione inserito in camera di vetro con termoregolazione)⁹.

⁹ Anthony L. Andradý A.L., Hamid H.S., Torikai , (2003), *Effects of climate change and UV-B on materials*, Photochemical & Photobiological Sciences, vol. 2, pp. 68-72.

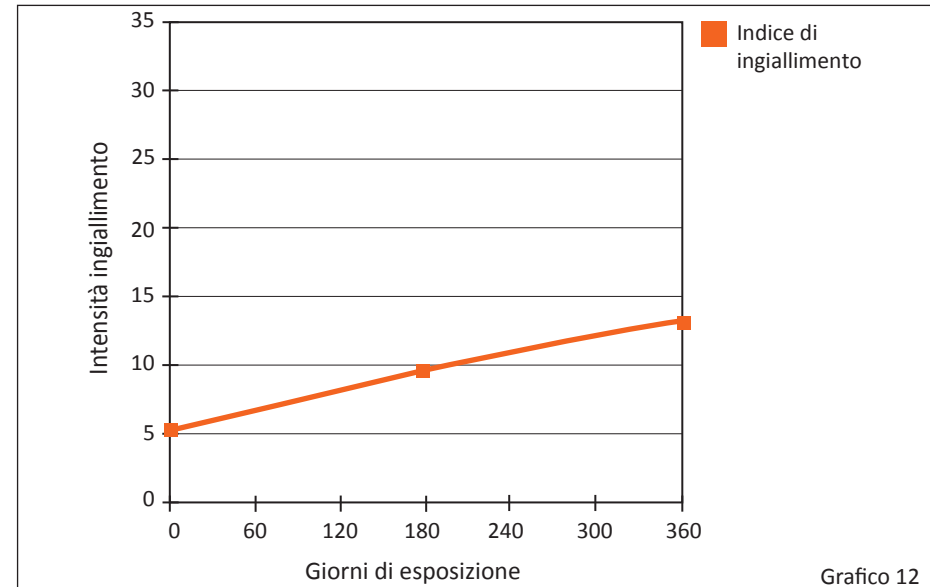


Grafico 12. Ingiallimento di un campione in PC. Natural weathering, 360 giorni di esposizione. Fonte: Ram A., Zilber O., Kening S., (1985), *Life expectation of polycarbonate*, Polymer Engineering & Science, vol. 25, pp. 535.

Condizioni di esposizione	0 mesi	15 mesi	mesi
1. Esposizione raggi UV. T ambiente	73,2	36,1	6,5
2. Esposizione raggi UV ridotta (pellicola bianco). T ambiente	73,2	57,5	56,3
3. Nessuna radiazione UV (pellicola nera). T maggiore	73,2	65,4	64,3
4. Esposizione raggi UV in camera. T 25°C	73,2	54,0	49,7

Tabella 2. Perdita di allungamento medio a rottura (%) in lastre di policarbonato commerciali per esposizione all'aperto in condizioni diverse.

Fonte: *Effects of climate change and UV-B on materials.*, Op. Cit.

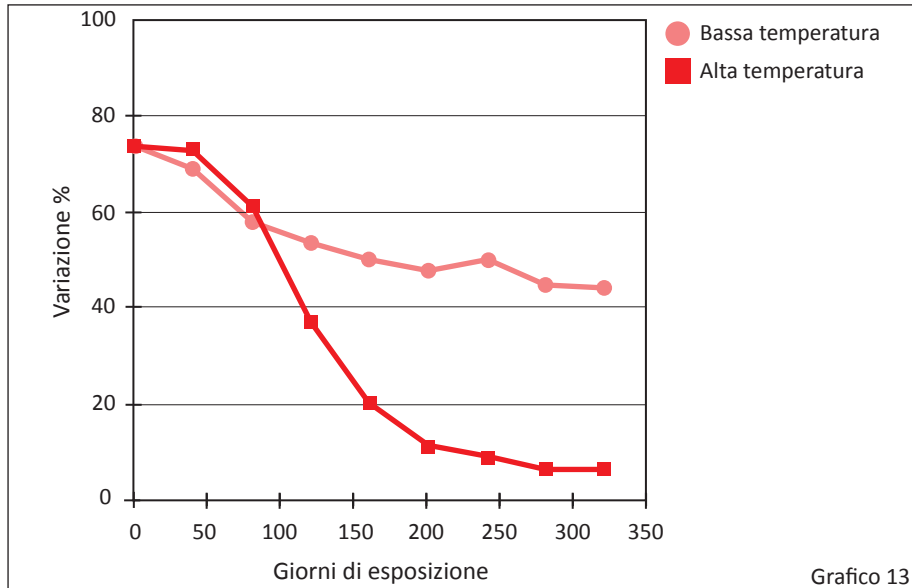


Grafico 13. Confronto tra i valori di allungamento a rottura di lastre in PC commerciali (spessore 200 µm). Natural weathering, 350 giorni di esposizione. Fonte: *Effects of climate change and UV-B on materials.*, Op. Cit.

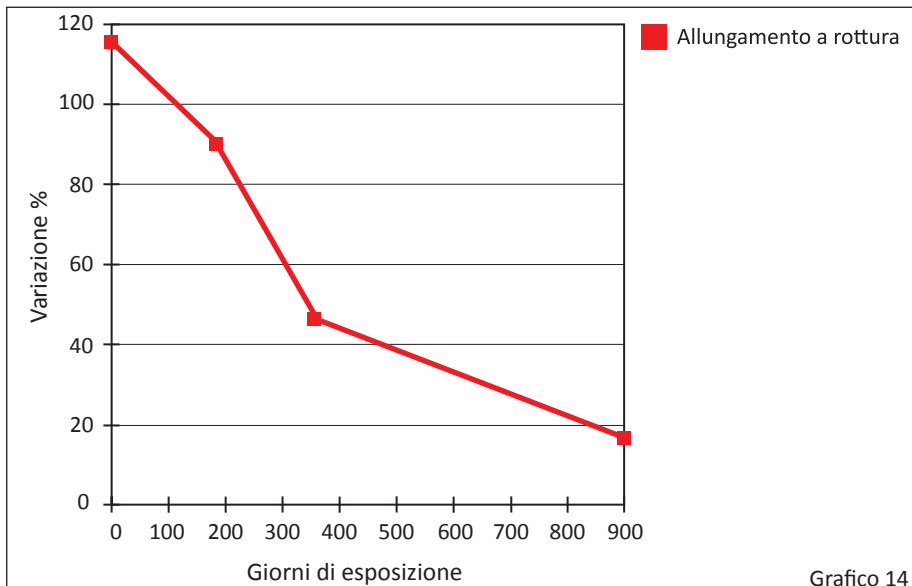


Grafico 14

La differenza drammatica dell'allungamento a rottura, visibile nella tabella 2, dei campioni 1 e 4 è attribuita alla potenziare l'effetto della temperatura sotto la stessa esposizione UV.

Dai risultati emerge inoltre che il campione avvolto nella pellicola nera subisce una degradazione più lenta nonostante l'aumento di temperatura, dimostrando come l'esposizione UV abbia una influenza dominante nei processi di degrado. Una diminuzione drastica dell'allungamento a rottura può portare ad una deformazione plastica del manufatto, a seguito di uno sforzo subito, ciò è evitabile se durante la fase progettuale il designer seleziona una opportuna stabilizzazione del materiale e/o un sovradimensionamento del manufatto.

4.3.3.2 Metodologie di artificial weathering

I grafici sottostanti confrontano i danni apportati a campioni in polycarbonato trattato e naturale esposti a processi di invecchiamento accelerato con Xenon Weather-O-Meter (trasmissione della luce 0,25 W/m² 50°C e indice di ingiallimento base DIN 6167)¹⁰.

¹⁰ www.pc-sheets.com.

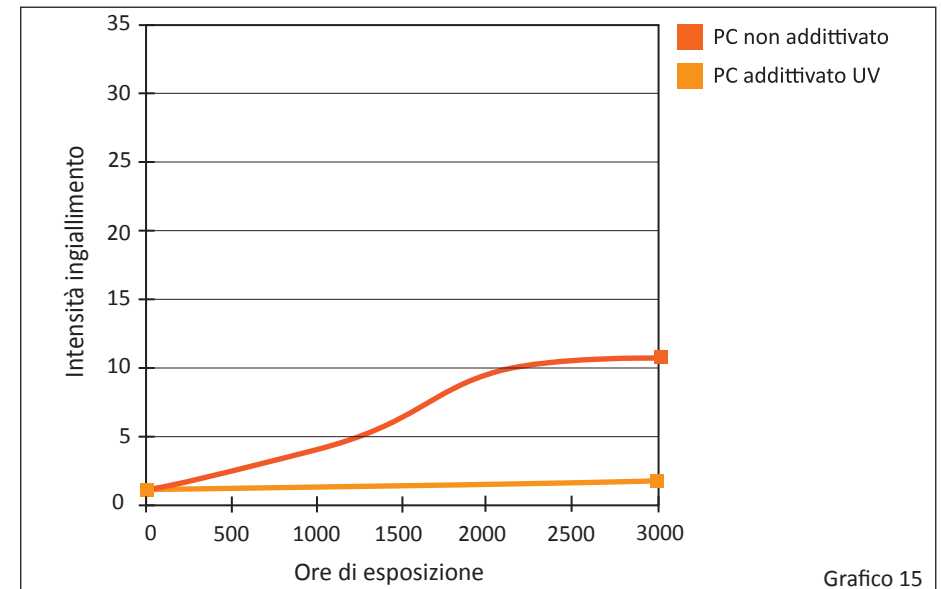


Grafico 14. Variazione percentuale di allungamento a rottura di un campione in PC. Natural weathering, 900 giorni di esposizione. Fonte: *Life expectation of polycarbonate.* Op.Cit.

Grafico 15. Ingiallimento di campioni in PC trattati e non trattati. Artificial weathering, Xenon Weather-O-Meter, 3000 ore di esposizione. Fonte: www.pc-sheets.com

A) Proprietà ottiche

La valutazione di un alto indice di ingiallimento e la riduzione della trasmittanza della luce sono un'indicazione visiva della riduzione di proprietà meccaniche dei prodotti. Una lastra in PC, senza protezione UV, tende a virare la sua colorazione dopo una breve esposizione, con un relativo aumento di foschia ed una diminuzione della trasmissione luminosa. I campioni in PC mostrano marcate variazioni di colore con il passare del tempo, da un iniziale giallo tenue ad un giallo molto forte. L'ingiallimento del campione può essere diviso in quattro fasi (grafico 15):

1. induzione di un lento tasso di ingiallimento
2. rapida accelerazione del tasso di ingiallimento
3. saturazione del tasso di ingiallimento (fino ad un valore massimo)
4. sbiancamento-diminuzione dell'ingiallimento.

B) Proprietà meccaniche

Dai grafici 17 e 18 si nota come i campioni non protetti tendano a degradare molto velocemente le loro proprietà meccaniche. La resistenza a trazione mostra una decrescita costante del suo valore, che dopo 2000 ore di esposizione si attesta a circa il 5%

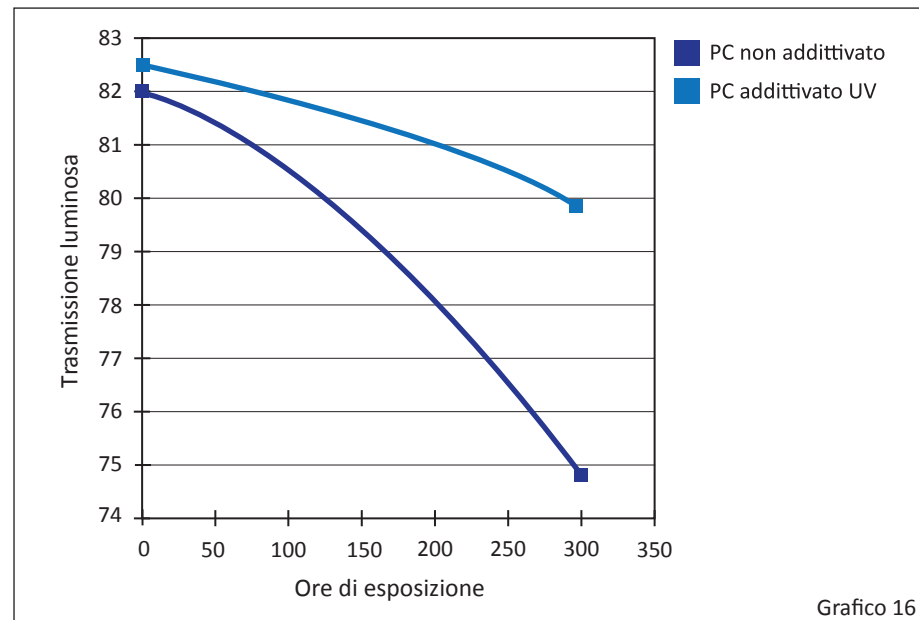


Grafico 16. Trasmittanza luminosa di campioni in PC trattati e non trattati. Artificial weathering, Xenon Weather-O-Meter, 350 ore di esposizione.

Fonte: www.pc-sheets.com

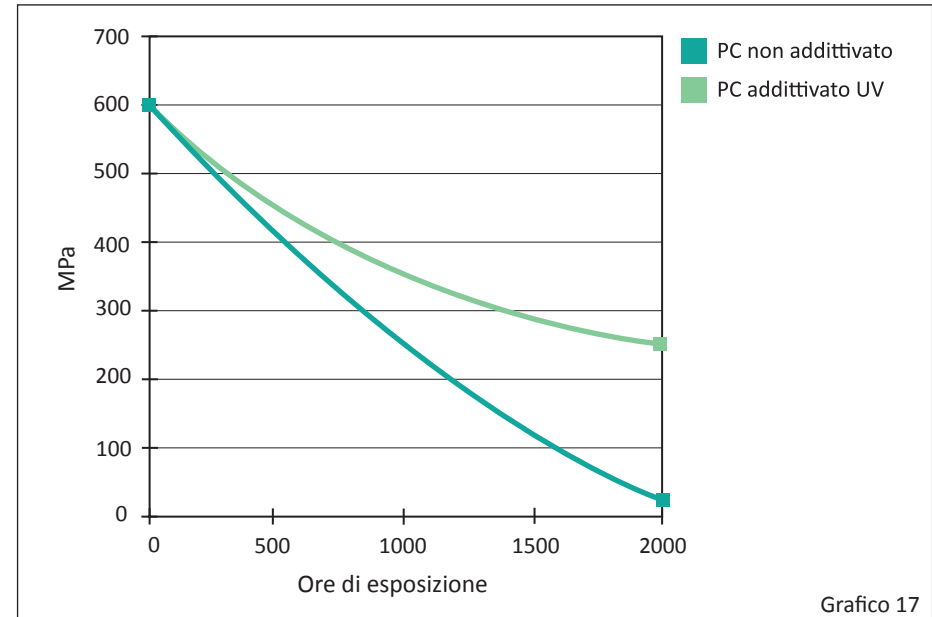


Grafico 17

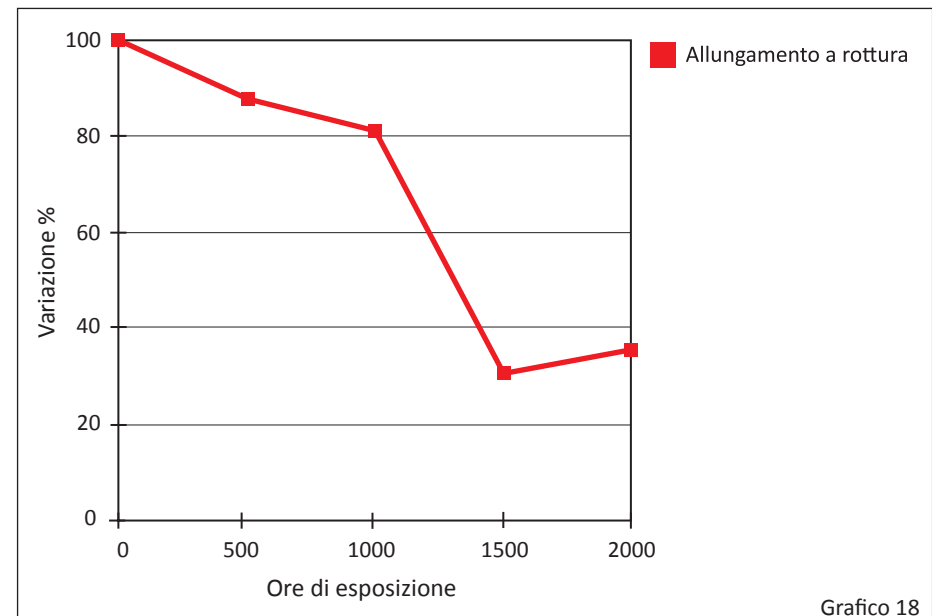


Grafico 18

del valore iniziale. Una leggera variazione di allungamento a rottura può essere notata nelle prime 100 ore di esposizione, dopo tale periodo il valore decresce rapidamente.

Dai dati analizzati emerge l'importanza di una corretta additivazione del materiale al fine di consentire il mantenimento delle proprietà ottiche, quali trasparenza e trasmittanza luminosa, per il quale il materiale è solitamente selezionato in fase progettuale. L'esposizione prolungata agli agenti atmosferici provoca infatti un notevole ingiallimento dei manufatti ed una diminuzione della loro trasparenza. Anche la capacità di deformazione elastica del PC viene notevolmente compromessa, dopo un solo anno di esposizione, in un materiale non stabilizzato, tale valore può infatti ridursi del 97%.

Grafico 17. Resistenza a trazione di campioni in PC trattati e non trattati. Artificial weathering, Xenon Weather-O-Meter, 200 ore di esposizione.

Fonte: www.pc-sheets.com

Grafico 18. Variazione percentuale di allungamento a rottura di un campione in PC. Artificial weathering, Weather-O-Meter, 2000 ore di esposizione.

Fonte: *Life expectation of polycarbonate*. Op. Cit.

4.4 Polietilentereftalato

4.4.1 SCHEMA DEL MATERIALE

Proprietà generali	
Densità	1.37e3 - 1.4e3 kg / m ³
Prezzo	1.65 - 1.82€/kg
Composizione	(CO-(C ₆ H ₄)-CO-O-(CH ₂) ₂ -O) _n
Base	Polimerica
Classe	Termoplastico semicristallino
Proprietà meccaniche	
Modulo di Young	2.76 - 3.1 GPa
Modulo di compressione	2.76 - 4.14 GPa
Modulo di flessione	2.99 - 3.09 GPa
Modulo di taglio	0.994 - 1.49 GPa
Modulo Bulk	4.94 - 5.19 GPa
Coefficiente di Poisson	0.381 - 0.396
Fattore di forma	5.7
Snervamento	65 - 70 MPa
Resistenza alla trazione	70 - 75 MPa
Resistenza alla compressione	75.8 - 103 MPa
Resistenza alla flessione	70 - 75 MPa
Allungamento	65 - 75 % di deformazione
Durezza - Vickers	17 - 20 HV
Durezza - Rockwell M	82 - 87
Durezza - Rockwell R	120 - 125
Resistenza alla fatica ai 107 cicli	19.3 - 29 MPa
Tenacità a frattura	4.75 - 5.25 MPa.m 0.5

Coefficiente di perdita meccanica (<i>tan delta</i>)	0.00966 - 0.0145
Proprietà di impatto	
Resistenza all'urto con intaglio 23 °C	2.86 - 3.15 kJ / m ²
Resistenza all'urto senza intaglio 23 °C	590 - 600 kJ / m ²
Proprietà termiche	
Temperatura di fusione	255 - 265 °C
Temperatura di transizione vetrosa	68 - 80 °C
Temperatura d'inflessione 0.45MPa	105 - 115 °C
Temperatura d'inflessione 1.8MPa	70 - 80 °C
Temperatura massima di servizio	115 - 120 °C
Temperatura minima di servizio	-58 - -38 °C
Conducibilità termica	0.138 - 0.151 W / m °C
Calore specifico	1.1e3 - 1.2e3 J / kg °C
Coefficiente di dilatazione termica	75 - 80 µstrain / °C
Processabilità	
Ritiro lineare di iniezione	1.5 - 1.7 %
Temperatura di fusione	260 - 280 °C
Temperatura di iniezione	125 - 145 °C
Campo di pressione per stampaggio	13.8 - 48.1 MPa
Proprietà elettriche	
Resistività elettrica	3.3e20 - 3e21 µohm.cm

Costante dielettrica	3.5 - 3.7
Fattore di dissipazione	0.002 - 0.003
Rigidità dielettrica	16.5 - 18 MV/m
Indice comparativo	200 - 325 V
Proprietà ottiche	
Indice di rifrazione	1.57 - 1.58
Trasparenza	Opaco
Assorbimento, permeabilità	
Assorbimento d'acqua @ 24 ore	0.1 - 0.2 %
Trasmissione vapore acqueo	0.464 - 0.707 g.mm / m ² giorno
Permeabilità (O ₂)	1.2 - 2.77 cm ³ mm / m ² day.atm
Resistenza	
Fiamma	Altamente infiammabile
Acqua (fresca)	Eccellente
Acqua (sale)	Eccellente
Acidi deboli	Accettabile
Acidi forti	Inaccettabile
Alcali deboli	Accettabile
Alcali forti	Uso limitato
Solventi organici	Uso limitato
Raggi UV (luce solare)	Buona
Ossidazione a 500C	Inaccettabile

Fonte: CES, Cambridge Engineering Selector Selector, GRANTA MI™, www.grantadesign.com

4.4.2 DESCRIZIONE

Il polietilentereftalato (noto anche con la sigla PET) è un poliestere ottenuto per policondensazione di glicole etilenico con acido tereftalico. Il PET è un polimero termoplastico che, dopo stiratura a temperatura superiore a quella di transizione vetrosa (70-80 °C), acquista eccellenti proprietà meccaniche; è caratterizzato anche da buone proprietà dielettriche, notevole inerzia chimica, elevata resistenza e impermeabilità all'acqua. Queste prestazioni possono essere notevolmente aumentate attraverso processi di orientazione, stirando cioè il semilavorato in un determinato intervallo di temperatura (110-130 °C) in modo tale che le catene del polimero si possano disporre le une parallele alle altre. Trova largo impiego, sotto forma di film ottenuto per estrusione, in numerose applicazioni (avvolgimento di cavi elettrici, supporti per emulsioni fotografiche, imballaggi speciali, bottiglie ecc.); è anche utilizzato spesso rinforzato con fibre corte di vetro, per la realizzazione di oggetti stampati¹¹.

La fotodegradazione è una delle maggiori cause di degradazione polietilentereftalato, il materiale assorbendo porzioni di radiazione UV attiva processi chimici, che a loro volta portano a drammatici cambiamenti delle caratteristiche fisiche, meccaniche e ottiche. A causa dell'assorbimento di radiazioni UV si verificano ingiallimenti superficiali, perdita di elasticità e crepe sulla superficie. In particolare sono le radiazioni da 300 nm a 380 nm causano deterioramento del materiale, con danni concentrati principalmente sulla superficie¹².

4.4.3 VALUTAZIONE DEL DEGRADO

4.4.3.1 Metodologie di natural weathering

Ai fini di comprendere al meglio i meccanismi di degrado vengono riportati i risultati dell'esposizione naturale di campioni in PET (Yourbolen), di spessore 0,14 mm posti tra due telai metallici inclinati a 45° direzione sud. I campioni sono stati esposti per due anni in due differenti siti per testare la resistenza del materiale in ambienti continentali (sito: Nikinci, Serbia) e marini (sito: Kumbor, Montenegro)¹³.

A) Proprietà ottiche

Dalla tabella 3 si nota come tutte le proprietà meccaniche del materiale mostrano variazioni dopo l'esposizione, a differenza di spessore e trasparenza che rimangono invariati. Dal grafico 19 si evince infatti che non ci sono cambiamenti significativi nella trasparenza del prodotto. Dopo i primi 12 mesi di esposizione si verifica un leggero calo di tale proprietà, che si attesta però su valori stabili per i successivi 12 mesi. La colorazione del campione non presenta variazioni significative dopo 24 mesi di espo-

11 Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti Treccani, www.treccani.it, consultato il 08/10/2012.

12 Radulović J., (2006), *Degradation of Polyethylene Terephthalate in Natural Conditions*, Scientific-Technical Review, vol.56, n°2.

13 Radulović J., (2006), Op. Cit.

Exposure time (months)	Colour	Thickness (mm)	Flexibility at low temperature (-30 °C)	Integral light transparency (%)
0	No colour	0,14	No break	89
Continental climate (Nikinci)				
6	No colour	0,14	No break	89
12	No colour	0,14	No break	89
18	No colour	0,14	No break	87
24	No colour	0,14	Break	87
Continental climate (Nikinci)				
6	No colour	0,14	No break	87
12	No colour	0,14	No break	87
18	No colour	0,14	No break	86
24	No colour	0,14	Break	86

Tabella 3. Colore, spessore, flessibilità a bassa temperatura e trasparenza di campioni PET prima, durante e dopo due anni di natural weathering.

Fonte: *Degradation of Polyethylene Terephthalate in Natural Conditions*. Op. Cit.

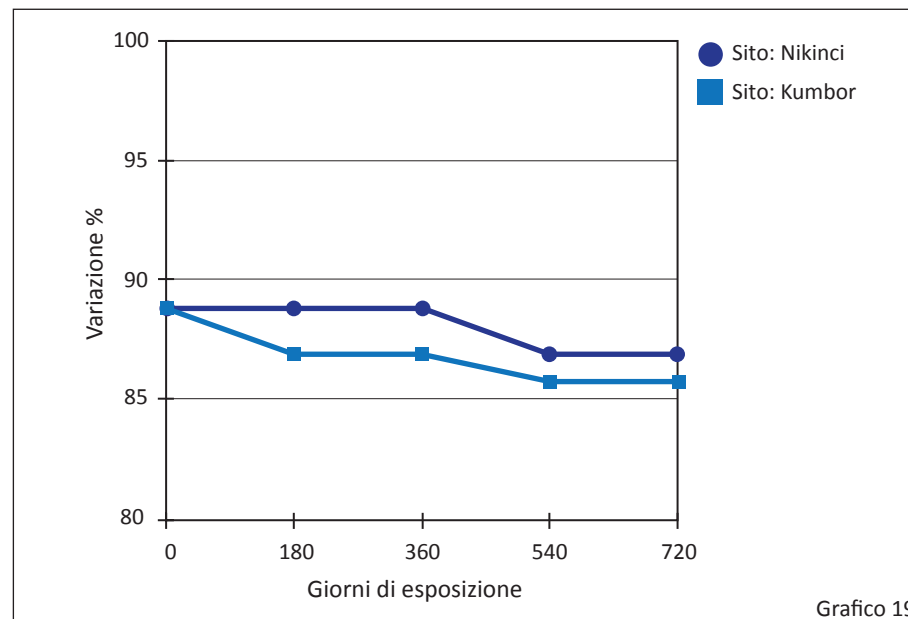


Grafico 19. Variazione percentuale di trasparenza di campioni in PET in aree continentali (Nikinci) e marine (Kumbor). Natural weathering, 720 giorni di esposizione. Fonte: *Degradation of Polyethylene Terephthalate in Natural Conditions*. Op. Cit.

sizione. Se vogliamo quindi progettare in funzione di una durabilità delle proprietà fotometriche del materiale il PET rappresenta una scelta molto interessante.

B) Proprietà meccaniche

Analizzando i dati ottenuti dopo mesi 6, 12, 18 e 24 di esposizione naturale agli agenti atmosferici, si può concludere che la degradazione sia attiva dal momento della prima esposizione.

I fenomeni più importanti di degrado progressivo processo dei campioni durante i 24 mesi di esposizione ad agenti atmosferici, naturale, sono i seguenti:

- calo molto elevato di sforzo a trazione
- significativa riduzione dell'allungamento a rottura dopo 12 mesi di esposizione
- resistenza a trazione ridotta al 33% dei valori iniziali dopo 18 mesi di esposizione.

Il cambiamento di tali proprietà può essere ricondotto a fenomeni di:

- idrolisi, che provoca scissione del legame macromolecolare catene
- assorbimento di acqua nella parte amorfa che induce sollecitazioni all'interfaccia amorfa/cristallina, seguita dalla formazione di microcavità
- assorbimento della luce solare, in particolare la componente UV.

Exposure time (months)	σ_{ml} (MPa)		σ_{mp} (MPa)		ϵ_{11} (%)		ϵ_{Ip} (%)		TR_1 (daN/cm)		TR_p (daN/cm)	
	\bar{X}	s	\bar{X}	s	\bar{X}	s	\bar{X}	s	\bar{X}	s	\bar{X}	s
0	128	16	183	9.1	154	14	97	7	375	17	380	18
Continental climate (Nikinci)												
6	59.9	5.6	88.1	3.0	4.9	0.4	4.2	0.4	196	10	256	17
12	57.1	7.8	72.8	3.9	3.8	0.8	3.2	0.8	7	0.9	9	1.0
18	41.9	4.8	64.6	2.0	2.7	0.5	2.9	0.5	5	0.4	6	0.5
24	22.3	4.8	24.9	3.5	2.8	0.7	2.3	0.5	4	0.3	4	0.3
Continental climate (Nikinci)												
6	52.6	9.8	67.9	9.1	3.0	0.7	2.9	0.4	62	9.6	105	9.3
12	51.2	7.8	61.6	9.7	3.5	0.3	2.9	0.3	7	0.8	7	0.6
18	39.6	2.4	61.1	3.5	2.8	0.4	2.5	0.3	5	0.5	5	0.4
24	20.7	4.1	21.6	5.6	2.6	0.4	2.2	0.3	4	0.3	4	0.3

Tabella 4. Resistenza alla trazione, deformazione % e allungamento a rottura di campioni PET prima, durante e dopo due anni di natural weathering. Fonte: *Degradation of Polyethylene Terephthalate in Natural Conditions*. Op. Cit.

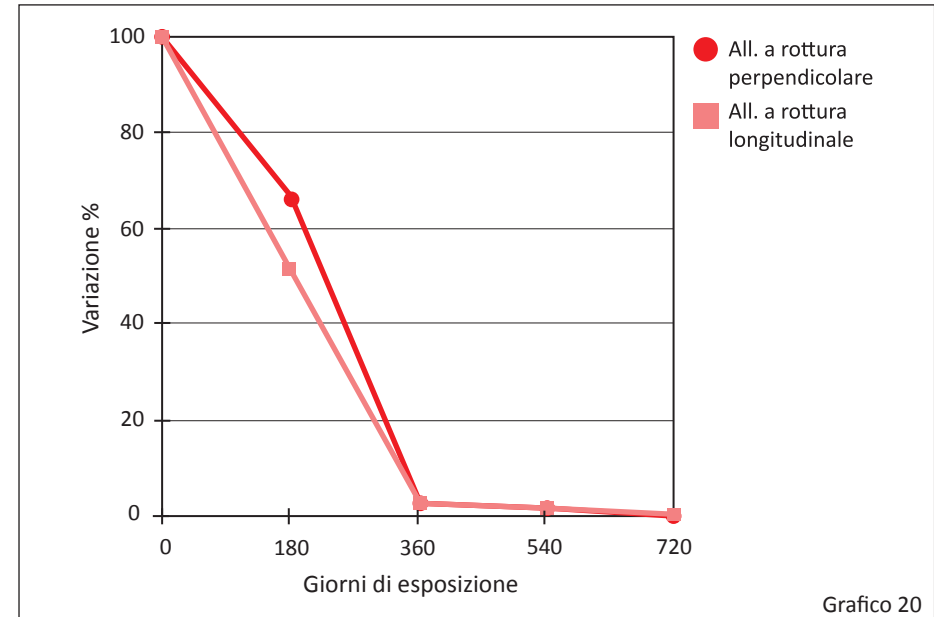


Grafico 20

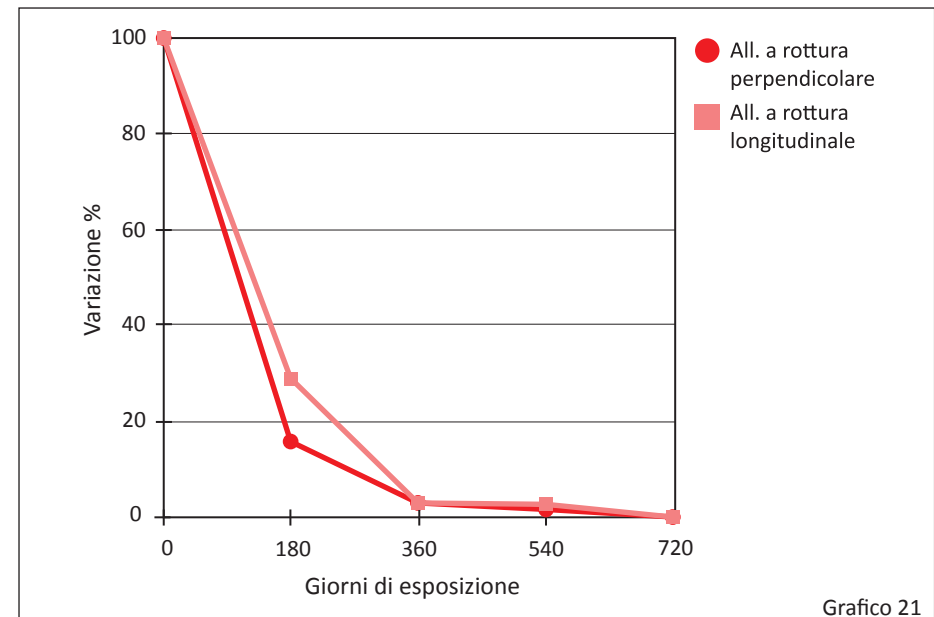


Grafico 21

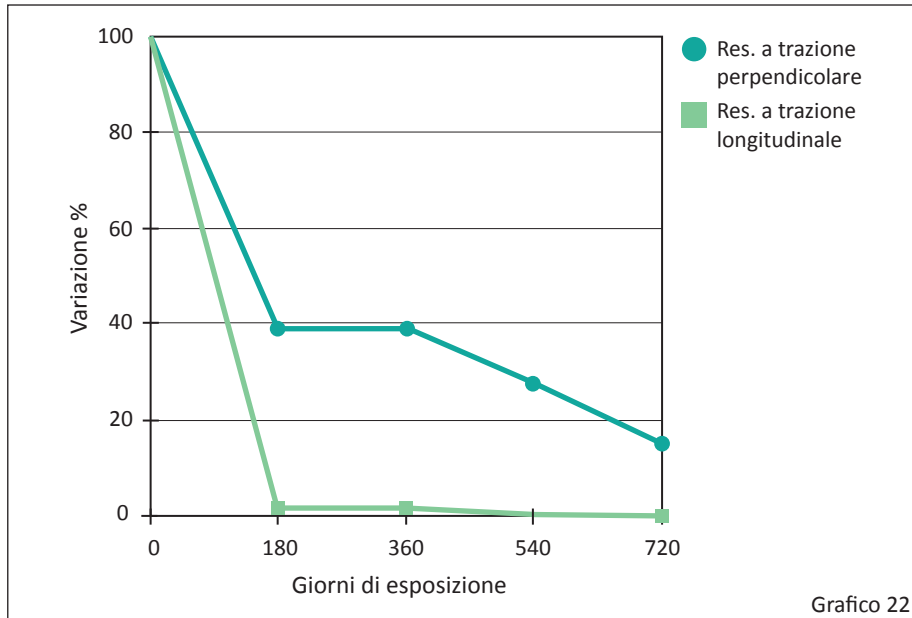


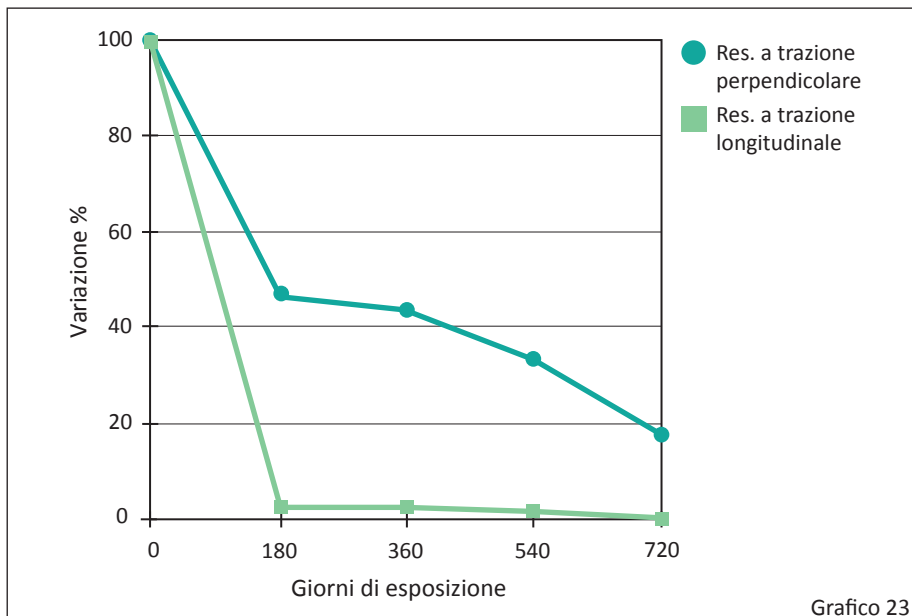
Grafico 20. Variazione percentuale di allungamento a rottura (in direzione longitudinale e perpendicolare) di campioni in PET in aree continentali (Nikinci). Fonte: *Degradation of Polyethylene Terephthalate in Natural Conditions*. Op. Cit.

Grafico 21. Variazione percentuale di allungamento a rottura (in direzione longitudinale e perpendicolare) di campioni in PET in aree marine (Kumbor). Natural weathering, 720 giorni di esposizione. Fonte: *Degradation of Polyethylene Terephthalate in Natural Conditions*. Op. Cit.

Grafico 22. Variazione percentuale di resistenza alla trazione (in direzione longitudinale e perpendicolare) di campioni in PET in aree continentali (Nikinci). Natural weathering, 720 giorni di esposizione. Fonte: *Degradation of Polyethylene Terephthalate in Natural Conditions*. Op. Cit.

Grafico 23. Variazione percentuale di resistenza alla trazione (in direzione longitudinale e perpendicolare) di campioni in PET in aree marine (Kumbor). Natural weathering, 720 giorni di esposizione. Fonte: *Degradation of Polyethylene Terephthalate in Natural Conditions*. Op. Cit.

Dai test effettuati si è concluso che il PET potrebbe essere utilizzato per un massimo di 18 mesi in condizioni statiche esterne. Se si vuole progettare un oggetto che possa durare nel tempo è quindi di fondamentale importanza che il designer preveda sin dalla fase progettuale una accurata stabilizzazione del materiale.



4.4.3.2 Metodologie di artificial weathering

Studi più recenti¹⁴ hanno dimostrato come le proprietà del PET possano essere influenzate da temperatura e umidità. Dal grafico 24 si può infatti notare come la scissione della catena polimerica avviene molto velocemente in presenza di umidità al 100%. L'analisi dei dati presentati ha presentato una buona durabilità nel tempo delle proprietà fotometriche del PET, il materiale presenta infatti un ingiallimento molto contenuto. Sono invece le proprietà meccaniche, ed in particolare la resistenza a trazione, subiscono una drastica diminuzione a causa dell'esposizione agli agenti atmosferici. Il designer che si trova a progettare un oggetto in PET che dovrà durare nel tempo dovrà quindi considerare sin dalla fase progettuale opportune soluzioni per evitare che il decadimento delle proprietà meccaniche possa portare ad una dismissione precoce del manufatto.

¹⁴ Radulović J.,(2008), *Resistance of Polyethylene Terephthalate foil to the influence of temperature and humidity*, Scientific-Technical Review, vol.58, n°3-4.

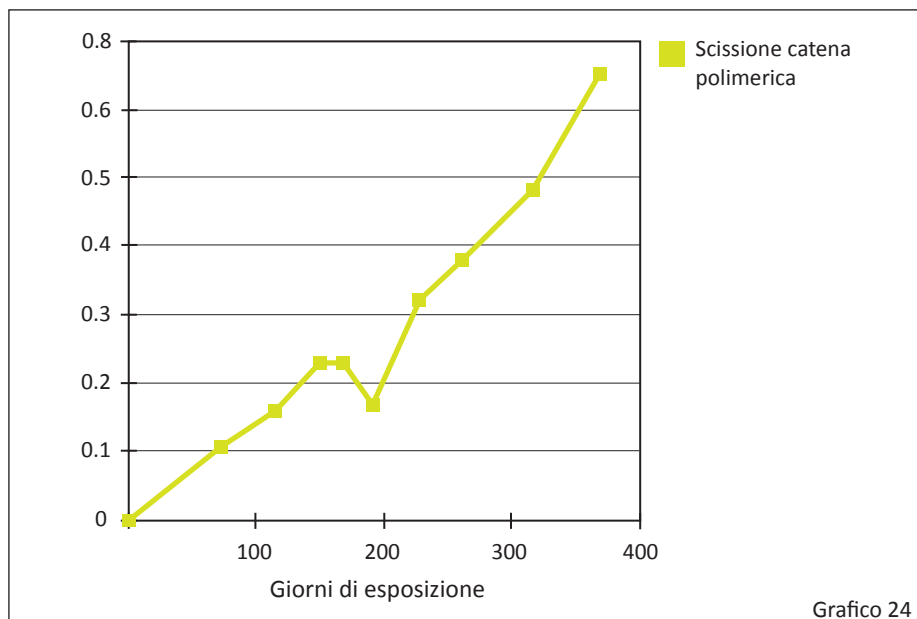


Grafico 24. Scissione della catena polimerica a 60°C di PET amorfo al 100% di umidità relativa. Artificial weathering, 400 giorni di esposizione. Fonte: Edge M., Hayes M., Mohammadian M., Allen N. S., Jewitt T. S., Brems K., Jones K., (1991), *Aspects of poly(ethylene terephthalate) degradation for archival life and environmental degradation*, Polymer Degradation and Stability, vol.32, n° 2, 1991, pp. 131-153.

Forma	Lunghezza d'onda eccitante, nm	Lunghezza d'onda emessa, nm
Chip	320, 344, 357	370, 389, 405
Film	344, 357	370, 389, 405
Fibre	284, 310	425, 477

Prodotti di fotolisi: radicali, legami crociati
Prodotti di fotoossidazione: radicali, reticoli, idroperossidi, gruppi idrossilici, gruppi carbossilici
Importanti iniziatori e acceleratori: ferrocene, ottoati cobalto e naftenati, composti contenenti gruppi aromatici cheto-estere
Stabilizzazione: assorbitori UV (preferibilmente benzotriazoli); HALS.

Tabella 5. Lunghezza di onda eccitante ed emessa di PET. Fonte: Wypych G., (2007), *Handbook of material weathering*, 4th edition, ChemTec Publishing, Toronto.

4.5 Polimetilmetacrilato

4.5.1 SCHEDA DEL MATERIALE

Proprietà generali	
Densità	1.17e3 - 1.2e3 kg / m ³
Prezzo	2 - 2.2 €/kg
Composizione	
Composizione	(CH ₂ -C(CH ₃)-COOCH ₃) _n
Base	Polimerica
Classe	Termoplastico amorfo
Proprietà meccaniche	
Modulo di Young	2,24-3,24 GPa
Modulo di compressione	2,54-3,16 GPa
Modulo di flessione	2,23-3,16 GPa
Modulo di taglio	0,803-1,16 GPa
Modulo Bulk	4,18-4,39 GPa
Coefficiente di Poisson	0,387-0,403
Fattore di forma	4,9
Snervamento	53,8-72,4 MPa
Resistenza alla trazione	48,3-72,4 MPa
Resistenza alla compressione	72,4-124 MPa
Resistenza alla flessione	72,4-131 MPa
Allungamento	2-5,5% di deformazione
Durezza – Vickers	16,1-21,9 HV
Durezza - Rockwell M	68-105
Durezza - Rockwell R	113-124
Resistenza alla fatica ai 107 cicli	15,2-16,8 MPa
Tenacità a frattura	0,7-1,6 MPa. m 0.5

Coefficiente di perdita meccanica (tan delta)	0,0123-0,0179
Proprietà di impatto	
Resistenza all'urto con intaglio 23 °C	1,9-2,1 kJ / m ²
Resistenza all'urto con intaglio -30 °C	1,9-2,1 kJ / m ²
Resistenza all'urto senza intaglio 23 °C	17,9-20,7 kJ / m ²
Resistenza all'urto senza intaglio -30 °C	16,2-20,8 kJ / m ²
Proprietà termiche	
Temperatura di transizione vetrosa	100-110 °C
Temperatura d'inflessione 0.45MPa	92-102 °C
Temperatura d'inflessione 1.8MPa	87-97 °C
Temperatura massima di servizio	44-56 °C
Temperatura minima di servizio	-75 - 65 °C
Conducibilità termica	167-,251 W / m °C
Calore specifico	1.4e3 -. 1.52e3 J / kg °C
Coefficiente di dilatazione termica	90-162 µstrain / °C
Temperatura di rammollimento Vicat	96-106 °C
Processabilità	
Ritiro lineare di iniezione	0,1-0,8%
Temperatura di fusione	163-260 °C

Campo di pressione per stampaggio	34,4-138 MPa
Proprietà elettriche	
Resistività elettrica	3.3e23 - 3e24 µohm.cm
Costante dielettrica	3,2-3,4
Fattore di dissipazione	0,05-0,06
Rigidità dielettrica	15,7-19,7 MV / m
Indice comparativo	600 V
Proprietà ottiche	
Indice di rifrazione	1,49-1,5
Trasparenza	Qualità ottica
Assorbimento, permeabilità	
Assorbimento d'acqua @ 24 ore	0,1-0,4%
Trasmissione vapore acqueo	1.62 -. 1,79 g.mm / m ² giorno
Permeabilità (O ₂)	4,31 -. 7,19 cm ³ mm / m ² day.atm
Resistenza	
Fiamma	Facilmente infiammabile
Acqua (fresca)	Eccellente
Acqua (sale)	Eccellente
Acidi deboli	Accettabile
Acidi forti	Inaccettabile
Alcali deboli	Eccellente
Alcali forti	Eccellente
Solventi organici	Inaccettabile
Raggi UV (luce solare)	Buona
Ossidazione a 500C	Inaccettabile

Fonte: CES, Cambridge Engineering Selector Selector, GRANTA MI™, www.grantadesign.com

4.5.2 DESCRIZIONE

Il polimetilmetacrilato è un polimero amorfo ottenuto dall'estere metilico dell'acido metacrilico (più noto, nell'uso, con i nomi registrati commerciali di plexiglas, perspex ecc.). Possiede ottime proprietà meccaniche e termiche, buone proprietà dielettriche, discreta resistenza agli agenti chimici, elevata resistenza agli agenti atmosferici, eccezionali proprietà ottiche (trasparenza, limpidezza, mancanza di colore). Il PMMA snerva per crazing a temperatura ambiente, mostrando un comportamento a frattura fragile. A temperatura superiore a 60 °C non presenta più un comportamento fragile in quanto il suo meccanismo di snervamento diventa lo scorrimento. La sua resistenza meccanica può notevolmente diminuire se entra in contatto con alcune sostanze (alcol, olio di silicone,..) che provocano la comparsa di microfessurazioni.¹⁵

Il PMMA trova larghissimo impiego nella fabbricazione di tettoie, vetrate, pannelli decorativi, piani per mobili, lastre per autoveicoli, cupole protettive, insegne pubblicitarie, lenti infrangibili e di numerosissimi altri articoli casalinghi, nell'industria automobilistica, nell'edilizia, nella produzione di vernici, smalti, inchiostri. Per talune applicazioni, nelle quali si richiede una particolare durezza e resistenza all'abrasione, la polimerizzazione del metilmetacrilato avviene in presenza di piccole quantità di agenti reticolanti¹⁶.

4.5.3 VALUTAZIONE DEL DEGRADO

4.5.3.1 Metodologie di natural weathering

L'esposizione prolungata agli agenti atmosferici può causare la depolimerizzazione del PMMA, ma tali modifiche sono prevalentemente limitate alla sola superficie esposta (Grafico 25). Dopo 10 anni di esposizione, lo strato degradato risulta infatti solo 0,01-0,02 pollici di spessore (Grafico 26).

A) Proprietà generali

L'effetto degradativo della radiazione ultravioletta aumenta in presenza di elevata

¹⁵ Cigada A., Del Curto B., Frassine R., Fumagalli G., Levi M., Marano C., Pedferri M. P., Rink M., (2006), *Materiali per il design*, Epitesto, Milano.

¹⁶ Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti Treccani, www.treccani.it, consultato il 09/10/2012.

Grafico 25. Spessore dello strato degradato esposto di campioni in PMMA. Natural weathering, 4 anni di esposizione in quattro differenti aree, Giappone.

Fonte: Kogyo Kaihatsu Shikensho Hokoku. Op. Cit.

Grafico 26. Concentrazione libera di monomeri in campioni di PMMA. Natural weathering, 10 anni di esposizione, 30° latitudine nord. Fonte: Stachiw, J. D., Dolan, R. B., (1982), *Effect of Weather, Age, and Cyclic Pressurizations on Structural Performance of Acrylic Plastic Spherical Shells Under External Pressure Loading*, ASME Journal of Engineering for Industry, vol. 104, pp. 190-200.

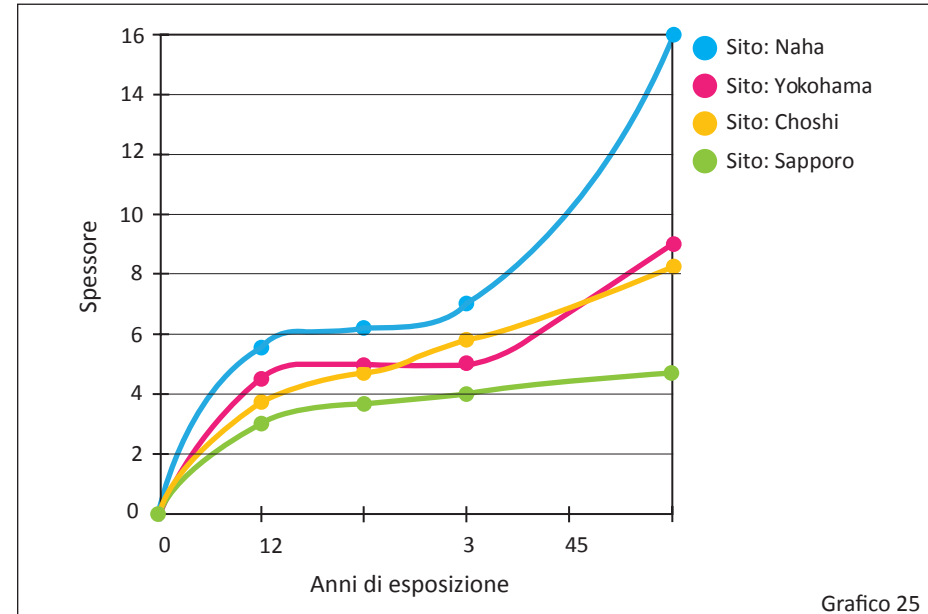


Grafico 25

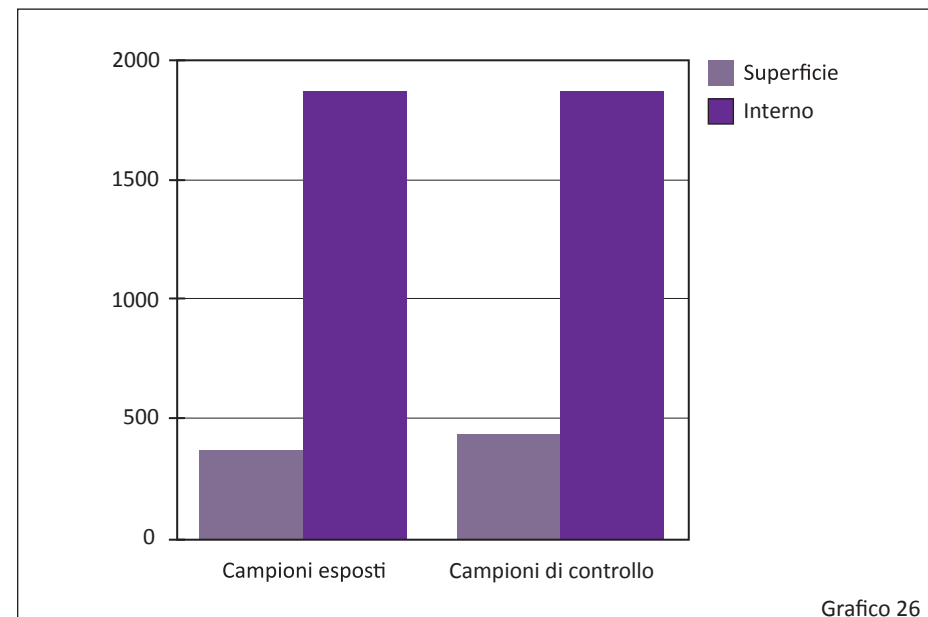


Grafico 26

temperatura ambiente e umidità. Campioni di plastica acrilica esposti in climi tropicali tendono infatti a degradare molto più rapidamente rispetto a quelli situati in climi temperati. È importante quindi che il progettista conosca anche il luogo in cui verrà utilizzato il prodotto progettato, in quanto le condizioni ambientali potranno influire sulla sua durabilità. Dal grafico 27 si può notare come anche la densità del polimero tenda a variare a seguito dell'esposizione agli agenti atmosferici.

B) Proprietà ottiche

Dal grafico 29 si nota come l'ingiallimento del PMMA ha una crescita costante nel tempo che si conferma però su valori molto contenuti. Per questo, nonostante il suo comportamento fragile, spesso viene preferito al PC che se esposto alla radiazione ultravioletta tende ad ingiallire molto velocemente.

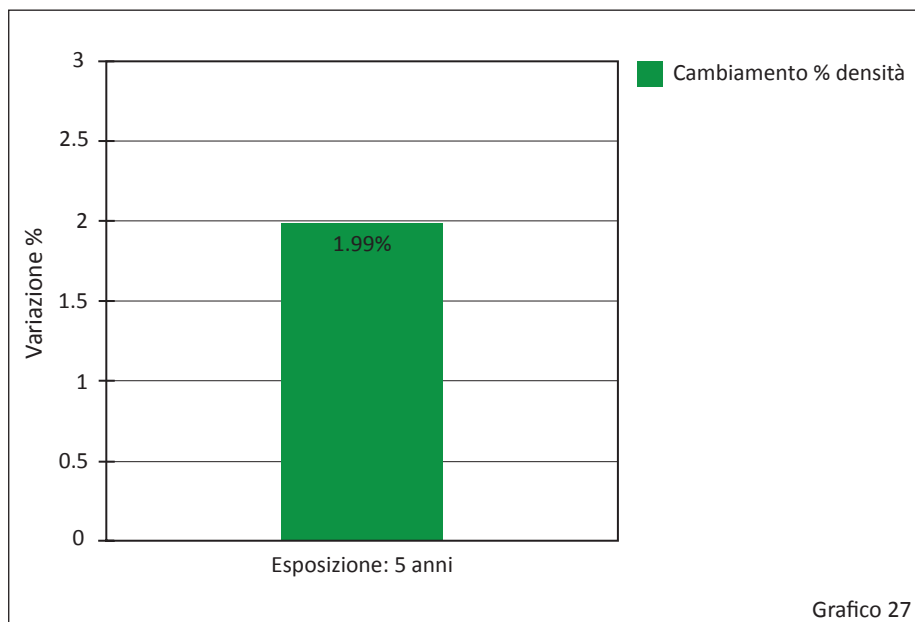


Grafico 27. Cambiamenti di densità di un campione in PMMA. Natural weathering, 5 anni di esposizione, Giappone.

Fonte: *Kogyo Kaihatsu Shikensho Hokoku*. Op. Cit.

Grafico 28. Cambiamenti di rugosità superficiale di un campione in PMMA. Natural weathering, 5 anni di esposizione, Giappone.

Fonte: *Kogyo Kaihatsu Shikensho Hokoku*. Op. Cit.

Grafico 29. Ingiallimento di un campione in PMMA. Natural weathering, 1800 giorni di esposizione, Giappone. Fonte: *Kogyo Kaihatsu Shikensho Hokoku*. Op. Cit.

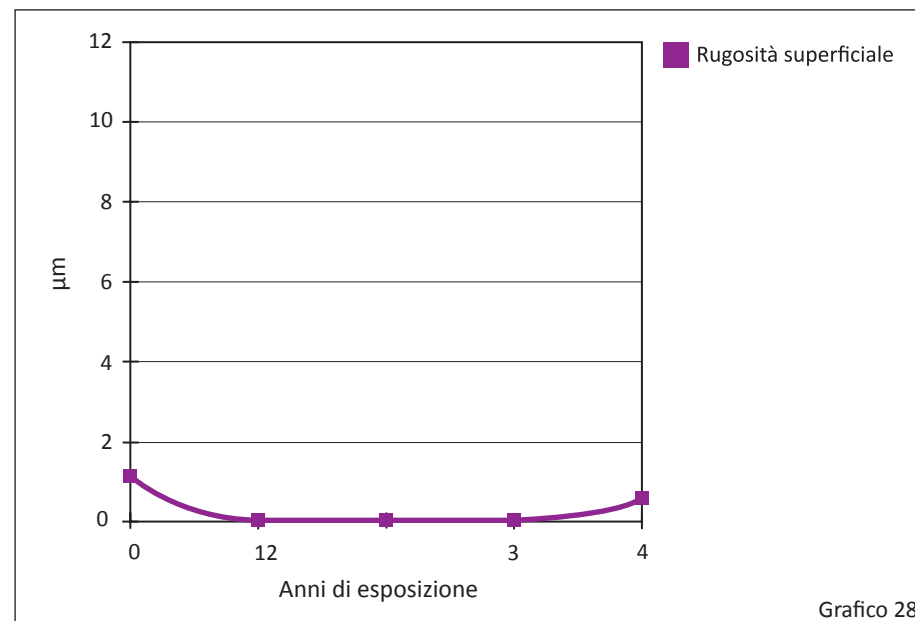


Grafico 28

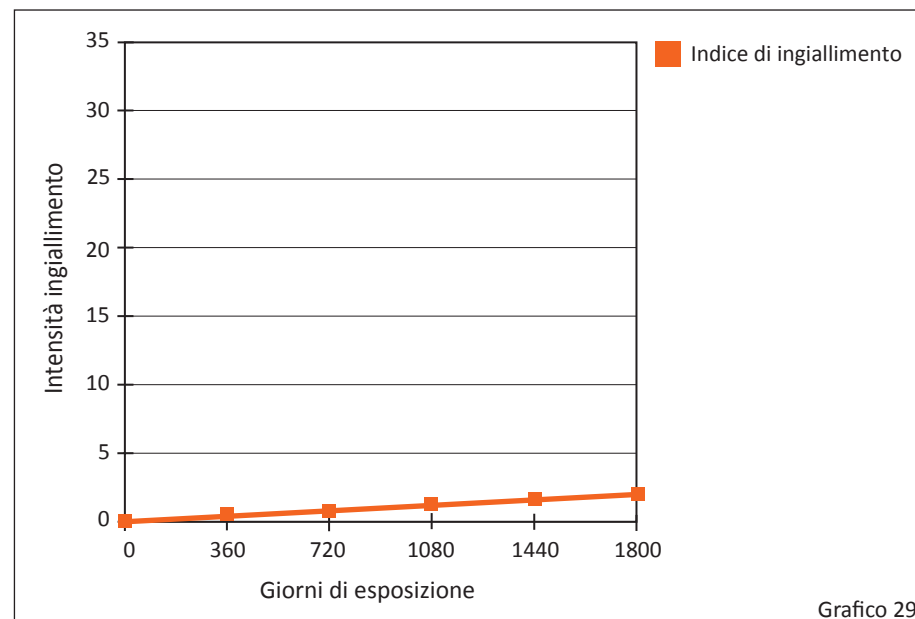
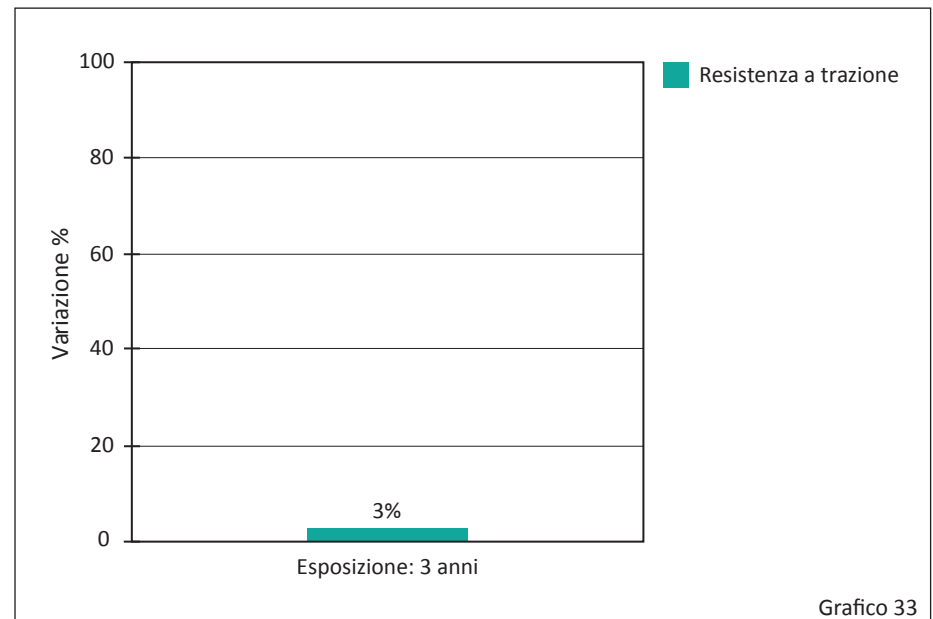
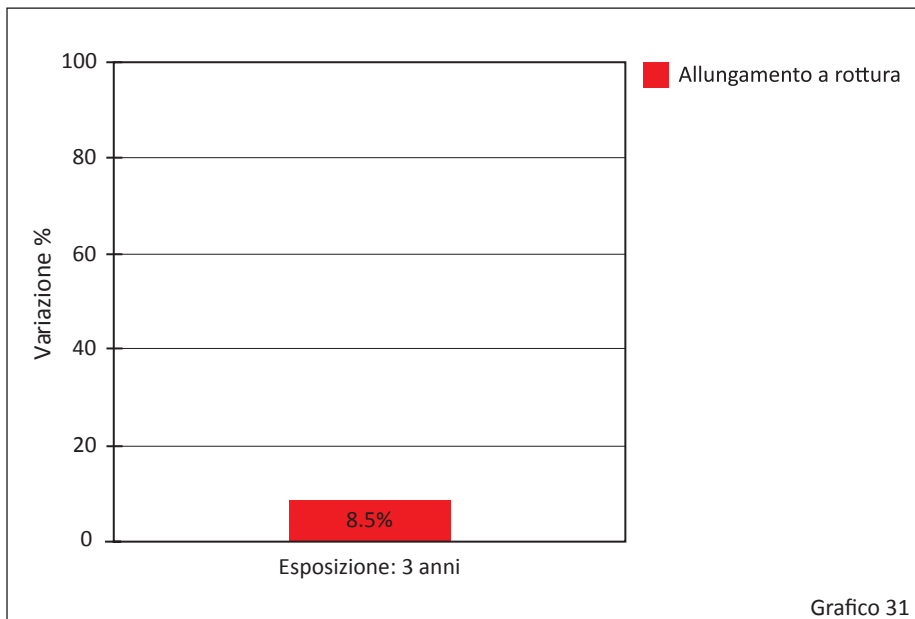
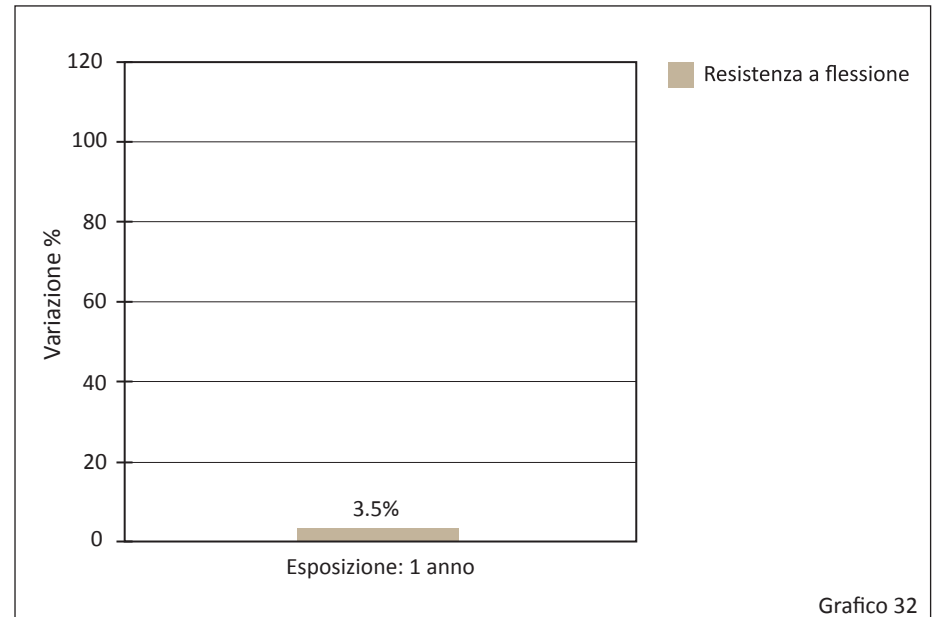
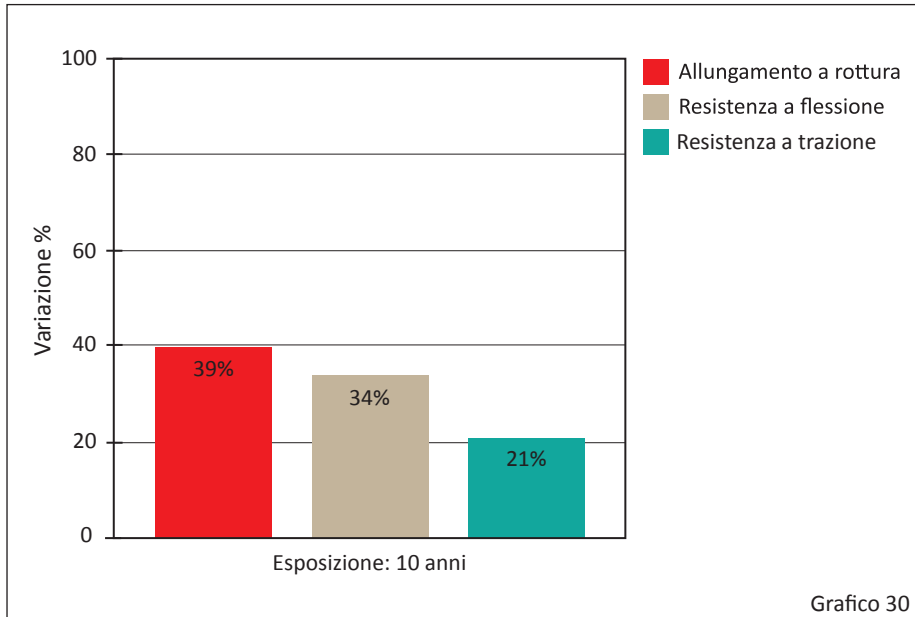


Grafico 29

C) Proprietà meccaniche



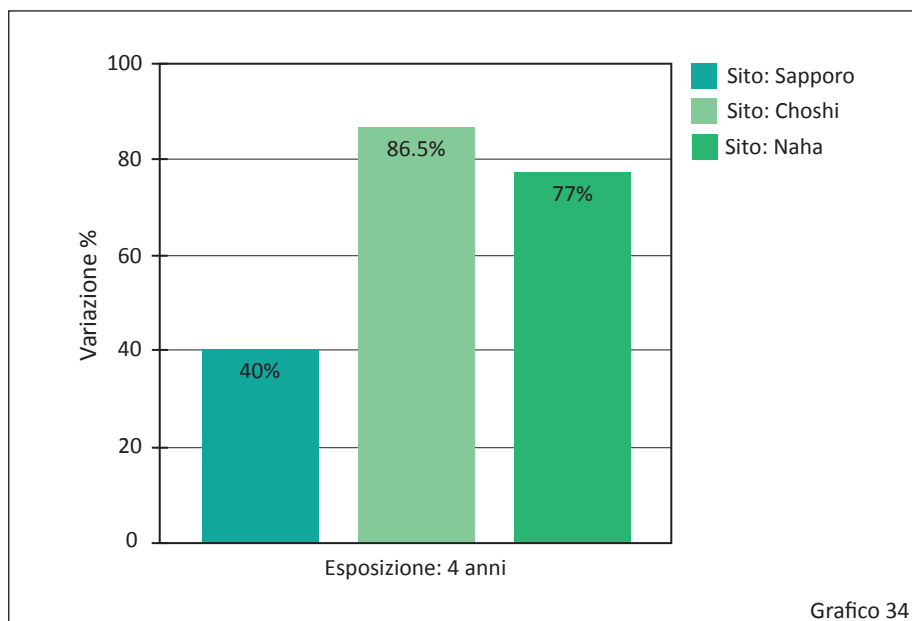


Grafico 30. Cambiamenti delle proprietà meccaniche in campioni di PMMA. Natural weathering, 10 anni di esposizione, 30° latitudine nord. Fonte: *Effect of Weather, Age, and Cyclic Pressurizations on Structural Performance of Acrylic Plastic*. Op. Cit.

Grafico 31. Variazione percentuale di allungamento a rottura di campioni in PMMA. Natural weathering, 3 anni di esposizione. Fonte: *Effect of Weather, Age, and Cyclic Pressurizations on Structural Performance of Acrylic Plastic*. Op. Cit.

Grafico 32. Variazione percentuale di resistenza a flessione. Natural weathering, 1 anno di esposizione, Giappone. Fonte: *Kogyo Kaihatsu Shikensho Hokoku*. Op. Cit.

Grafico 33. Variazione percentuale di resistenza a trazione di campioni in PMMA. Natural weathering, 3 anni di esposizione. Fonte: *Effect of Weather, Age, and Cyclic Pressurizations on Structural Performance of Acrylic Plastic*. Op. Cit.

Grafico 34. Variazione percentuale di resistenza a trazione di campioni in PMMA. Natural weathering, 3 anni di esposizione in tre differenti aree, Giappone. Fonte: *Kogyo Kaihatsu Shikensho Hokoku*. Op. Cit.

La perdita di allungamento a rottura è uno dei cambiamenti più evidenti, che nel complesso risultano molto contenuti. Per la sua ottima resistenza agli agenti atmosferici il PMMA è infatti spesso utilizzato per applicazioni all'esterno, in quanto garantisce un mantenimento quasi completo delle proprietà meccaniche.

Dall'analisi dei dati emerge come il PMMA presenti una ottima durabilità agli agenti atmosferici, riuscendo a mantenere pressoché inalterate proprietà meccaniche e ottiche dopo ben 10 anni di esposizione. Tuttavia è fondamentale che il progettista conosca il luogo in cui verrà utilizzato il prodotto progettato, in quanto le condizioni ambientali, quali temperatura e umidità, possono influire pesantemente sulla sua durabilità. Campioni di plastica acrilica esposti in climi tropicali tendono infatti a degradare molto più rapidamente rispetto a quelli situati in climi temperati.

4.6 Polipropilene

4.6.1 SCHEDA DEL MATERIALE

Proprietà generali	
Densità	897 – 906 kg / m ³
Prezzo	1.6 - 1.76 €/kg
Composizione	(CH ₂ -CH(CH ₃)) _n
Base	Polimerica
Classe	Termoplastico semicristallino
Proprietà meccaniche	
Modulo di Young	1.02 - 1.23 GPa
Modulo di compressione	1.02 - 1.23 GPa
Modulo di flessione	0.981 - 1.23 GPa
Modulo di taglio	0.393 - 0.403 GPa
Modulo Bulk	2.04 - 2.09 GPa
Coefficiente di Poisson	0.405 - 0.413
Fattore di forma	11.5
Snervamento	25.1 - 28.1 MPa
Resistenza alla trazione	20 - 31.8 MPa
Resistenza a compressione	31 - 32.6 MPa
Resistenza alla flessione	31.1 - 34.9 MPa
Allungamento	216 – 662 % di def.
Durezza – Vickers	8 - 13.3 HV
Durezza - Rockwell M	53.2 - 56.3
Durezza - Rockwell R	78.7 - 87.2
Resistenza alla fatica ai 107 cicli	9.83 - 10.3 MPa
Tenacità a frattura	1.56 - 1.64 MPa. m 0.5
Coefficiente di perdita meccanica (tan delta)	0.0348 - 0.0365

Proprietà di impatto	
Resistenza all'urto con intaglio 23 °C	7.17 - 16.4 kJ / m ²
Resistenza all'urto con intaglio -30 °C	4.35 - 6.46 kJ / m ²
Resistenza all'urto senza intaglio 23 °C	57.8 – 200 kJ / m ²
Resistenza all'urto senza intaglio -30 °C	55.2 - 72.4 kJ / m ²
Proprietà termiche	
Temperatura di fusione	151 – 170 °C
Temperatura di transizione vetrosa	-24 - -16 °C
Temperatura d'inflexione 0.45MPa	80.4 - 98.2 °C
Temperatura d'inflexione 1.8MPa	43.7 - 59.7 °C
Temperatura massima di servizio	64.2 - 81.3 °C
Temperatura minima di servizio	-25 - -10 °C
Conducibilità termica	0.192 - 0.199 W / m °C
Calore specifico	11.66e3 - 1.7e3 J / kg °C
Coefficiente di dilatazione termica	97.9 - 100 µstrain / °C
Temperatura di ram-mollimento Vicat	134 - 154 °C
Processabilità	
Ritiro lineare di iniezione	1.45 - 1.83 %
Temperatura di fusione	208 - 243 °C
Temperatura di iniezione	20 - 44.4 °C
Campo di pressione per stampaggio	15.6 – 113 MPa

Proprietà elettriche	
Resistività elettrica	2.96e23 - 1.67e24µohm.cm
Costante dielettrica	2.16 - 2.24
Fattore di dissipazione	1.96e-4 - 2.04e-4
Rigidità dielettrica	17.6 - 18.4 MV / m
Indice comparativo	600 V
Proprietà ottiche	
Indice di rifrazione	1.48 - 1.5
Trasparenza	Traslucido
Assorbimento, permeabilità	
Assorbimento d'acqua @ 24 ore	0.0195 - 0.0205 %
Trasmissione vapore acqueo	0.224 - 0.308 g.mm / m ² giorno
Permeabilità (O ₂)	461.2 - 144 cm ³ mm / m ² day.atm
Resistenza	
Fiamma	Altamente infiammabile
Acqua (fresca)	Eccellente
Acqua (sale)	Eccellente
Acidi deboli	Eccellente
Acidi forti	Eccellente
Alcali deboli	Eccellente
Alcali forti	Eccellente
Solventi organici	Eccellente
Raggi UV (luce solare)	Scarsa
Ossidazione a 500C	Inaccettabile

Fonte: CES, Cambridge Engineering Selector Selector, GRANTA MI™, www.grantadesign.com

4.6.2 DESCRIZIONE

Il Polipropilene (PP) è il prodotto di polimerizzazione del propilene. Dopo il polietilene è la più importante poliolefina dal punto di vista delle applicazioni. A seconda delle condizioni adottate per la polimerizzazione, le unità del monomero possono assumere configurazioni spaziali diverse nelle quali le singole molecole sono tutte orientate nello stesso modo o in modo disordinato e casuale. Il polipropilene isotattico è il più interessante dal punto di vista pratico; la regolarità della configurazione consente di realizzare un'elevata cristallinità alla quale corrispondono migliori caratteristiche chimiche, fisiche e meccaniche del polimero.

Il PP è caratterizzato da un'elevata resistenza al calore, bassa densità, notevoli caratteristiche meccaniche (elevato carico di snervamento, allungamento a rottura, resilienza, durezza ecc.) e buone caratteristiche dielettriche alle alte frequenze. Poiché la resistenza all'attacco di agenti ossidanti (e in particolare dell'ossigeno dell'aria) peggiora al crescere della temperatura, causando il deterioramento delle proprietà meccaniche del materiale, per molti usi si ricorre all'aggiunta di opportuni stabilizzatori antiossidanti; altri additivi (per es. nerofumo) sono aggiunti per stabilizzare il polimero rispetto all'azione della radiazione ultravioletta. Il polipropilene si lavora, come i

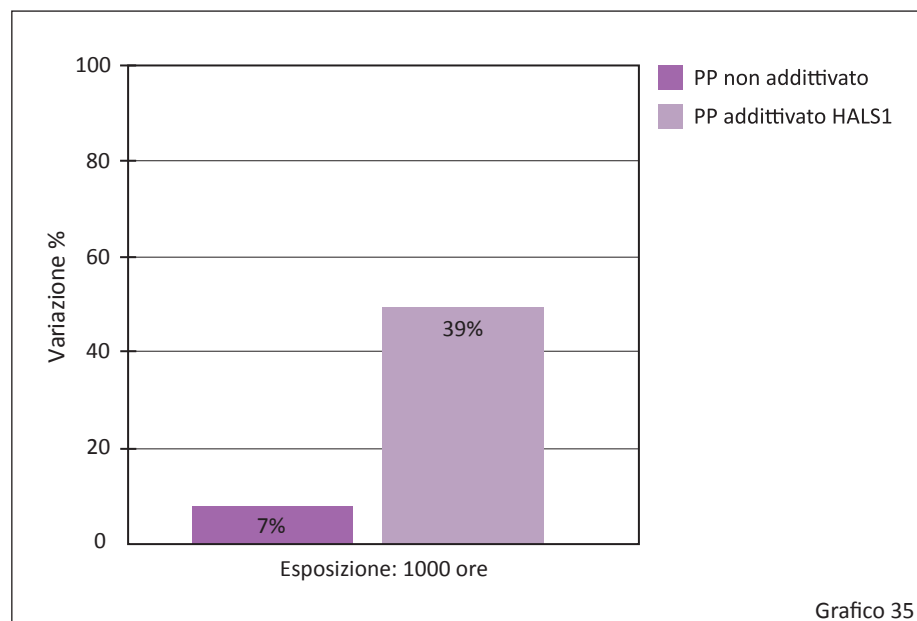


Grafico 35. Variazione percentuale di gloss su campioni in PP blu addittivato e non addittivato (spessore 3 mm). Natural weathering, 1000 ore di esposizione.

Fonte: Camino G., (1996), "La degradazione dei materiali polimerici", Aglietto M., *Degradazione e stabilizzazione dei materiali polimerici*, Pacini, Pisa, pp. 1-5.

prodotti analoghi, per estrusione, per iniezione, per stampaggio a compressione e così via. Per le sue ottime proprietà, ha trovato vaste applicazioni per condutture, contenitori, parti di apparecchi elettrici, articoli per la casa, rivestimenti, profili, contenitori per alimenti, borse, giocattoli, parti meccaniche generali, casse di bottiglie, componenti medicali, bottiglie, tappi di bottiglia, paraurti, pellicole per imballaggio, parti di apparecchiature resistenti sia agli agenti chimici sia al calore, per la preparazione di fibre tessili¹⁷.

4.6.3 VALUTAZIONE DEL DEGRADO

4.6.3.1 Metodologie di natural weathering

A) Proprietà ottiche

Per il PP la variazione di proprietà ottiche è molto più celere del decadimento delle proprietà meccaniche.

L'invecchiamento colpisce soprattutto la superficie del materiale, provocando una perdita di brillantezza iniziale. Si nota come in campioni di PP non additivato il gloss

¹⁷ Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti Treccani, www.treccani.it, consultato il 10/10/2012.

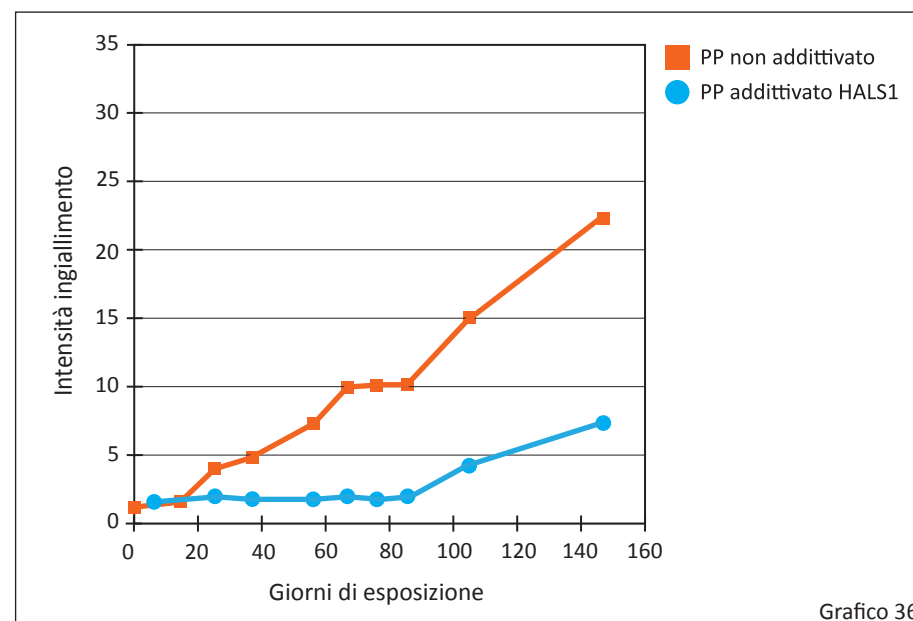


Grafico 36. Ingiallimento di campioni in PP blu addittivato e non addittivato (spessore 3 mm). Natural weathering, 4000 ore di esposizione.

Fonte: *La degradazione dei materiali polimerici*, Op. Cit.

diminuisce radicalmente dopo un mese di esposizione circa. Se non accuratamente additivato il materiale tende inoltre ad ingiallire molto velocemente, modificando radicalmente l'aspetto estetico del manufatto progettato.

B) Proprietà meccaniche

Il polipropilene è particolarmente sensibile alla degradazione fotoossidativa: un film di 70 µm, non stabilizzato, esposto all'esterno si ossida rapidamente mostrando comportamento fragile dopo circa 50 giorni di esposizione. Lo stesso campione stabilizzato UV scavenger riesce a conservare il 50% della tenacità per circa 350 giorni (Grafico 37). Si nota anche una decisa diminuzione di allungamento a rottura (Grafico 39). Una eccessiva diminuzione delle proprietà meccaniche del materiale possono rendere i prodotti inadatti per gli scopi per cui inizialmente erano stati progettati, causandone una dismissione precoce. Se per esempio il PP era stato selezionato per realizzare una sedia da esterni, e selezioniamo il PP grazie alla sua buone capacità meccaniche, dobbiamo considerare fin dalla fase di progettazione che, se non opportunamente additivato, l'esposizione agli agenti atmosferici ridurrà drasticamente tali proprietà fino a rendere il prodotto inadatto allo scopo per cui era stato progettato.

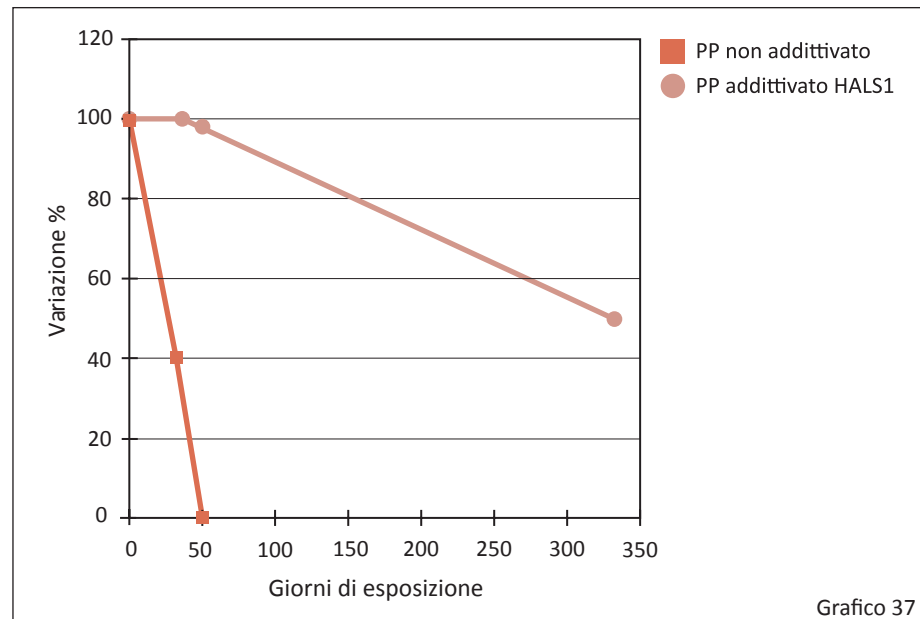


Grafico 37. Variazione percentuale di tenacità di campioni in PP spessore 70 µm additivato e non additivato. Natural weathering, 350 giorni di esposizione. Fonte: *La degradazione dei materiali polimerici*. Op. Cit.

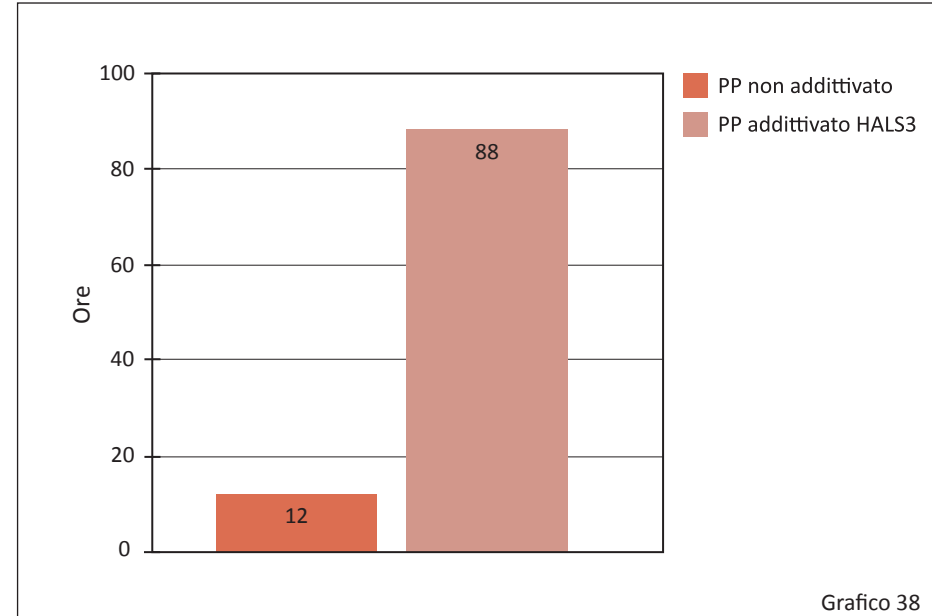


Grafico 38

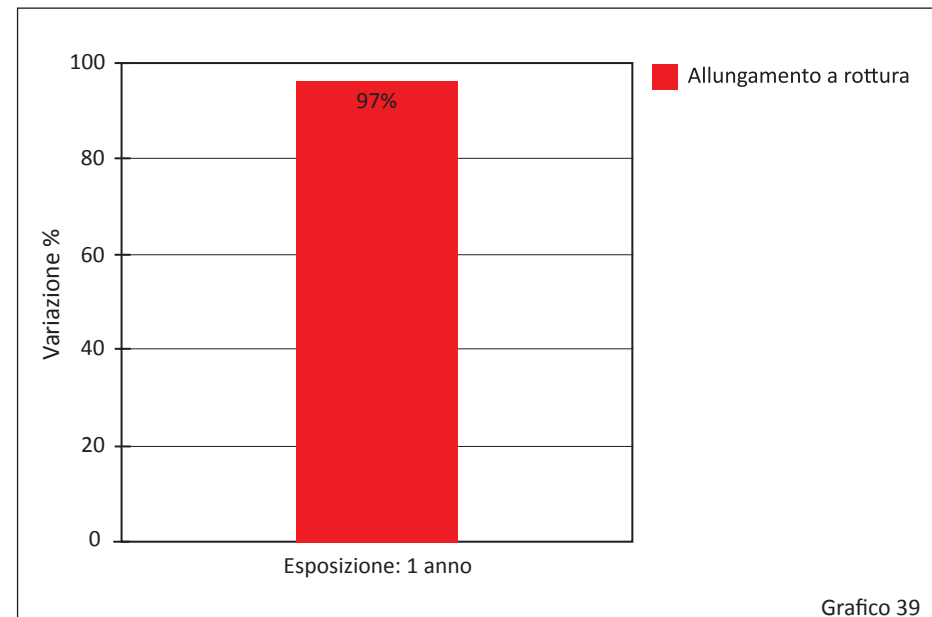


Grafico 39

Dai dati analizzati emerge come la variazione di proprietà ottiche nel PP è molto più celere del decadimento delle proprietà meccaniche. Il materiale tende infatti ad ingiallire rapidamente, perdendo inoltre una parte del gloss superficiale. La proprietà meccanica che presenta il decadimento maggiore è l'allungamento a rottura. Fin dalla fase progettuale il designer dovrà quindi selezionare la tipologia di stabilizzanti da aggiungere al materiale vergine in base alle proprietà che nel tempo vorrà preservare.

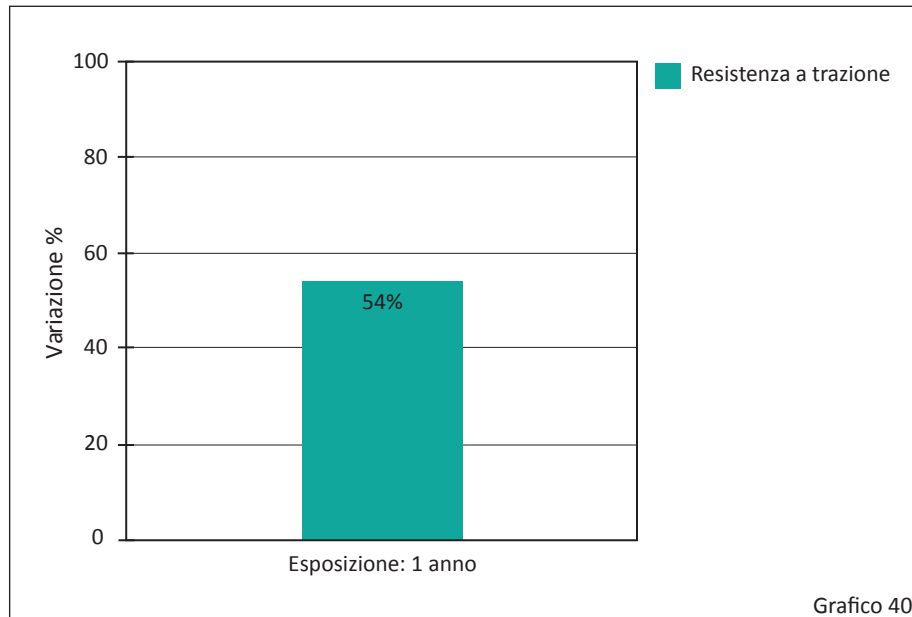


Grafico 38. Numero di ore di esposizione necessarie per ridurre del 50% la tenacità iniziale di film in PP addittivato e non addittivato.

Fonte: *La degradazione dei materiali polimerici*. Op. Cit.

Grafico 39. Variazione percentuale di allungamento a rottura di campioni in PP. Natural weathering, 1 anno esposizione, Australia. Fonte: Dunn P., Hill E.J., (1971), Rep. 421, Australia.

Grafico 40. Variazione percentuale di resistenza a trazione di campioni in PP. Natural weathering, 1 anno esposizione, Australia. Fonte: Dunn P., Hill E.J., (1971), Rep. 421, Australia.

4.7 Confronto tra i materiali

Uno strumento utile per il designer potrebbe essere quello ottenuto ponendo a confronto i vari materiali, rispetto alle caratteristiche sopra descritte. Tali grafici sono stati generati dal confronto dell'invecchiamento naturale di campioni realizzati nelle differenti prove sperimentali precedentemente elencate, prendendo come riferimento il caso di più breve durata e visualizzando i cambiamenti di proprietà dei differenti materiali nel periodo di tempo da esso determinato. Anche in questo caso lo scopo non è quello di fornire dati esaustivi di confronto diretto tra l'invecchiamento dei diversi materiali ma quanto più di fornire un metodo di analisi che renda tali informazioni fruibili per il progettista, al fine di poter inserire il tempo come variabile progettuale. Le proprietà per cui è stato possibile svolgere questo lavoro, presentate di seguito sono: indice di ingiallimento, allungamento a rottura, resistenza a trazione, rugosità superficiale e densità.

4.7.1 INGIALLIMENTO

Nei prodotti industriali l'aspetto estetico è fondamentale, per questo una variazione di colore, dovuta all'esposizione agli agenti atmosferici può diminuire il valore dell'artefatto. Ad un cambiamento di colore del materiale corrispondono sempre cambiamenti nella composizione chimica del materiale stesso. I materiali sono spesso tinti con più di un colorante ed additivati con diverse componenti, pertanto il cambiamento di colore, sebbene causato da variazioni nei coloranti e nelle miscele, non rivela quali cambiamenti siano effettivamente avvenuti all'interno del materiale. Ad una variazione cromatica possono o meno corrispondere infatti variazioni di proprietà strutturali del materiale. L'indice di ingiallimento, ΔYI^{18} , è uno dei metodi più utilizzati per il monitoraggio delle variazioni di colore durante l'esposizione di campioni agli agenti atmosferici.

Dall'analisi del grafico emerge come l'ABS sia il materiale maggiormente sensibile all'ingiallimento mentre il materiale meno sensibile risulta essere il PMMA, quest'ultimo viene infatti utilizzato spesso per applicazioni in ambienti esterni. È importante tuttavia ricordare come la percezione dell'ingiallimento sia influenzata dal colore iniziale del materiale e dal suo livello di opacità: un oggetto bianco sembrerà maggiormente ingiallito di uno nero così come uno trasparente parrà maggiormente invecchiato di uno opaco.

Il confronto tra l'indice di ingiallimento di vari materiali può essere utilizzato dal progettista nelle fase di selezione di materiali, se si vuole realizzare un prodotto che verrà esposto ad agenti atmosferici o radiazioni UV può essere utile considerare in quanto tempo esso perderà la sua colorazione iniziale.

¹⁸ L'indice di ingiallimento è generato dall'equazione: $\Delta YI = 100 (1.28\Delta X - 1.06\Delta Z) / \Delta Y$. ΔX , ΔY , ΔZ rappresentano la variazione dei valori tristimolo.

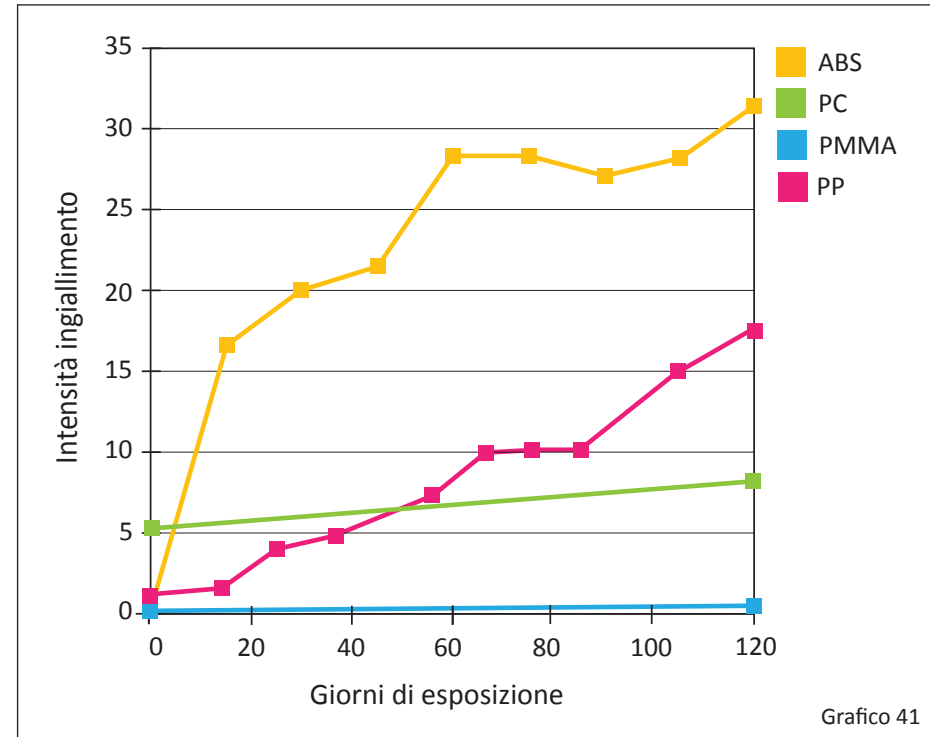


Grafico 41. Confronto tra l'indice d'ingiallimento di differenti materiali. Tempo di esposizione: 120 giorni.

4.7.2 ALLUNGAMENTO A ROTTURA

La diminuzione di allungamento a rottura di un polimero dipende dalla sua composizione e tipologia.

L'allungamento a rottura rappresenta il tratto di deformazione elastica del materiale. È fondamentale per il progettista valutare l'andamento di tale parametro in funzione dell'invecchiamento del materiale, una eccessiva diminuzione dell'allungamento a rottura, provoca infatti una deformazione plastica del componente a sforzi nettamente inferiori a quelli ipotizzati in fase di progetto.

Se per esempio voglio progettare un casco protettivo e seleziono come possibili materiali ABS e PMMA, grazie alle loro ottime proprietà meccaniche, dovrò considerare che dopo tre anni di utilizzo il prodotto in ABS ridurrà del 38% la sua elasticità, con il rischio di una deformazione plastica in caso di urti, che andrebbe a diminuire la funzione protettiva dell'oggetto.

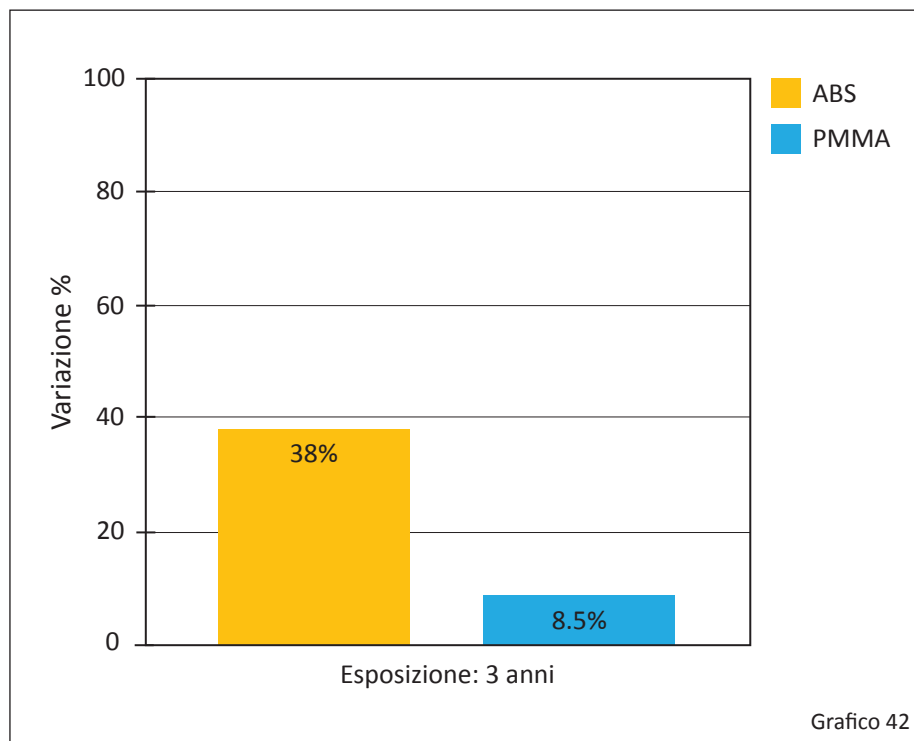


Grafico 42. Confronto tra l'allungamento a rottura di ABS e PMMA. Tempo di esposizione: 3 anni.

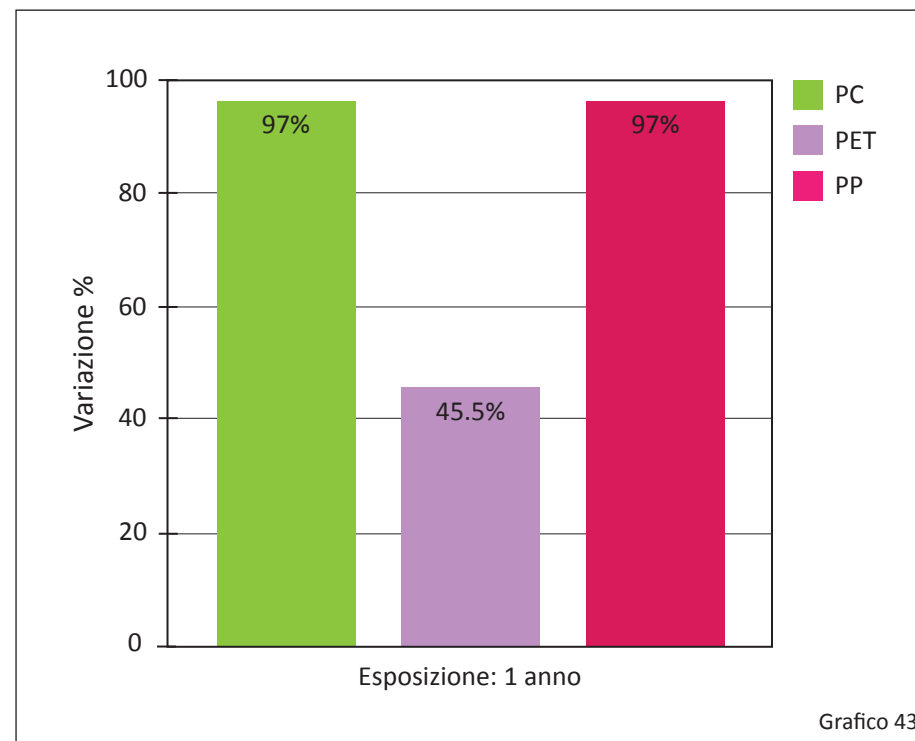


Grafico 43. Confronto tra l'allungamento a rottura di PC, PET e PMMA. Tempo di esposizione: 1 anno.

4.7.3 RESISTENZA A TRAZIONE

La resistenza alla trazione può aumentare o diminuire nel corso dell'esposizione agli agenti atmosferici. Solitamente essa tende a diminuire durante l'esposizione, tuttavia in alcuni casi un aumento iniziale della resistenza alla trazione può essere seguito da una deteriorazione molto rapida.

Questo fenomeno è legato alla distribuzione e alla densità di cricche superficiali. Dall'analisi del grafico emerge come il PMMA sia il materiale meno soggetto ad una diminuzione di resistenza a trazione. Ciò non significa che tale materiale sia il più resistente a trazione, il grafico presenta infatti la variazione di resistenza a trazione, indipendentemente dal suo valore iniziale.

A seconda della funzione d'uso che avranno i prodotti è fondamentale conoscere la variazione di proprietà meccaniche già in fase di progettazione.

Se un progettista scegliesse per esempio di realizzare un manufatto in PET dovrebbe considerare che dopo un anno di esposizione il prodotto, se non opportunamente trattato con additivi anti-UV, avrebbe un carico di rottura ridotto del 97% rispetto al prodotto nuovo, questo potrebbe comportare la dismissione dello stesso a causa di una mancata rispondenza alle caratteristiche meccaniche per cui era stato progettato.

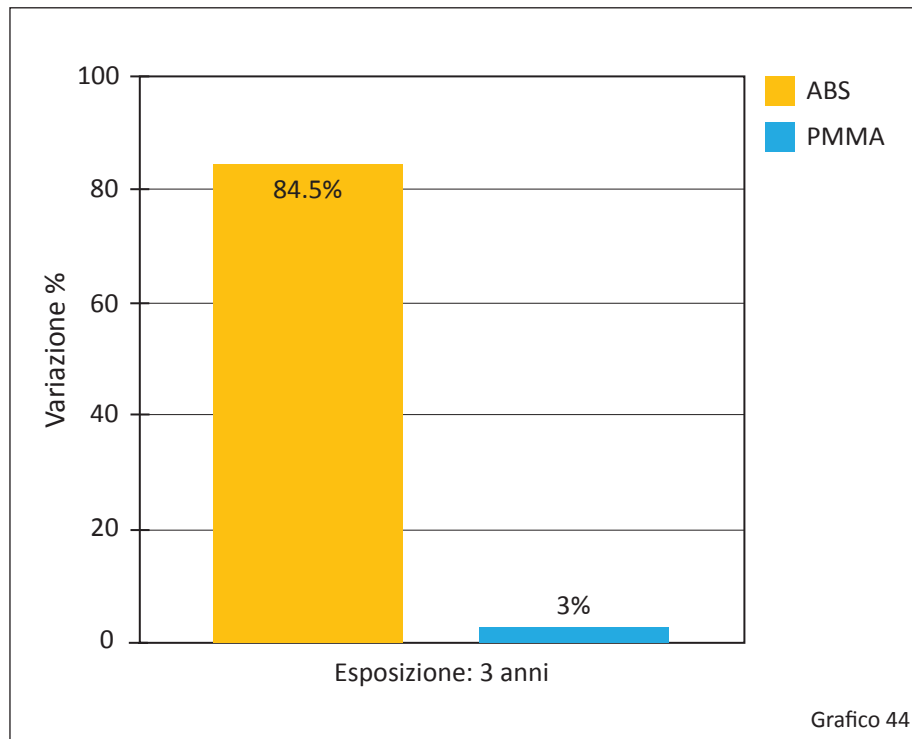


Grafico 44. Confronto la resistenza a trazione di ABS e PMMA. Tempo di esposizione: 3 anni.

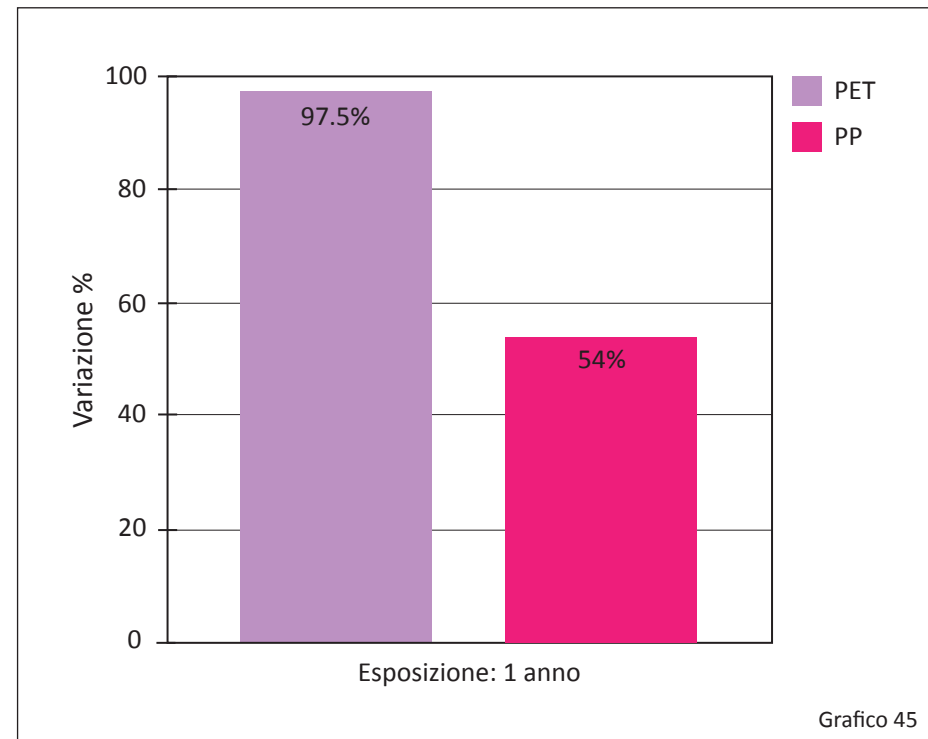


Grafico 45. Confronto tra la resistenza a trazione di PET e PP. Tempo di esposizione: 1 anno.

4.7.4 DENSITÀ

I polimeri degradati subiscono solitamente una variazione di densità, che tende generalmente ad aumentare. È evidente tuttavia come il cambiamento di densità non sia un indicatore di weatherability¹⁹. Da studi precedenti²⁰ è stato dimostrato inoltre come un' aumento di densità provochi una diminuzione di diffusione luminosa, probabilmente come risultato di una maggiore reticolazione e cristallinità del materiale.

19 Resistenza all'invecchiamento.

20 Wurster T., Franck A., Eyerer P., (1985), *Diffusion und alterun*, Die Angewandte Makromolekulare Chemie, vol. 137, pp. 109-120. Citato in: Wypych G., (2007), *Handbook of material weathering*, 4th edition, ChemTec Publishing, Toronto.

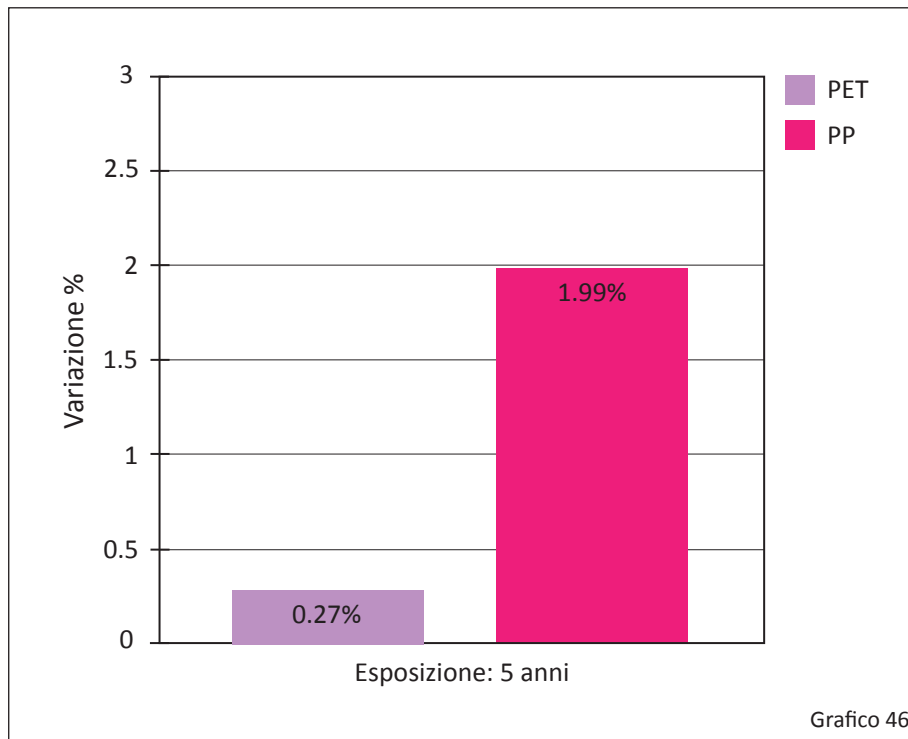


Grafico 46. Confronto tra la densità PET e PP. Tempo di esposizione: 5 anni.

4.7.5 RUGOSITÀ SUPERFICIALE

La rugosità superficiale è uno dei parametri che influenzano la percezione tattile di un prodotto. L'attacco degli agenti atmosferici tende a degradare la finitura superficiale dell'oggetto, solitamente la rugosità aumenta rapidamente all'inizio del degrado, tale valore è poi seguito da un plateau stabile, che indica come lo strato degradato protegga gli strati sottostanti. Quando anche lo strato degradato viene rimosso la rugosità superficiale tende ad aumentare molto rapidamente.

La variazione di rugosità superficiale può cambiare notevolmente la percezione dell'utente nei confronti di un oggetto: una superficie texturizzata può perdere il disegno dopo anni di esposizione, mentre un oggetto liscio e scorrevole può dare una sensazione di ruvidezza, frenando lo scorrere della mano sulla sua superficie.

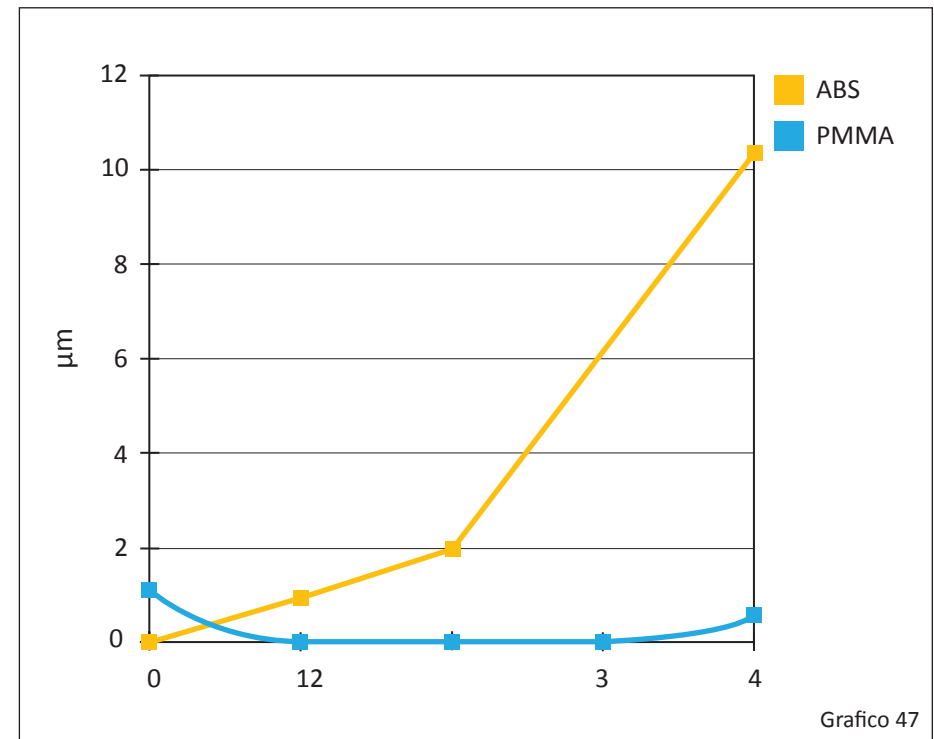


Grafico 47. Confronto tra la rugosità superficiale ABS e PMMA. Tempo di esposizione: 4 anni.

4.8 Bibliografia del capitolo

- Anthony L., Andrady A.L., Hamid H.S., Torikai, (2003), *Effects of climate change and UV-B on materials*, Photochemical & Photobiological Sciences, vol. 2, pp. 68-72.
- Camino G., (1996), "La degradazione dei materiali polimerici", Aglietto M., *Degradazione e stabilizzazione dei materiali polimerici*, Pacini, Pisa, pp. 1-5.
- CES, *Cambridge Engineering Selector Selector*, GRANTA MI™, www.grantadesign.com
- Cigada A., Del Curto B., Frassine R., Fumagalli G., Levi M., Marano C., Pedefferri M. P., Rink M., (2006), *Materiali per il design*, Epitesto, Milano.
- Dunn P., Hill E.J., (1971), *Rep. 421*, Australia.
- Edge M., Hayes M., Mohammadian M., Allen N. S., Jewitt T. S., Brems K., Jones K., (1991), *Aspects of poly(ethylene terephthalate) degradation for archival life and environmental degradation*, Polymer Degradation and Stability, vol.32, n° 2, 1991, pp. 131-153.
- Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti Treccani, www.treccani.it
- Jouan X., Gardette J.L., (1992), *Photo-oxidation of ABS: Part 2—Origin of the photodiscoloration on irradiation at long wavelengths*, Polymer Degradation and Stability, vol. 36, pp.91-96.
- Kubota H., Suzuki S., Nishimura O., Tamura I., Yoshikawa K., Shirota T., (1981), *Hokkaido Kogyo Kaihatsu Shikensho Hokoku*.
- Kulich D.M., Pace J.E., Fritch L.W. Jr., Brisimitzakis A., (1991), *Encyclopedia of Chemical Technology*, Wiley, New York, pp. 391.
- Piton M., Rivaton A., (1997), *Photo-oxidation of ABS at long wavelengths ($\lambda > 300$ nm)*, Polymer Degradation and Stability, vol.55, pp. 147–157.
- Radulović J., (2006), *Degradation of Polyethylene Terephthalate in Natural Conditions*, Scientific-Technical Review, vol.56, n°2.
- Ram A., Zilber O., Kening S., (1985), *Life expectation of polycarbonate*, Polymer Engineering & Science, vol. 25, pp. 535.
- Santos R.M., Botelho G.L., Machado A.V., (2010), *Artificial and natural weathering of ABS*, Journal of Applied Polymer Science, vol. 116, pp. 2005–2014.
- Stachiw, J. D., Dolan, R. B., (1982), *Effect of Weather, Age, and Cyclic Pressurizations on Structural Performance of Acrylic Plastic Spherical Shells Under External Pressure Loading*, ASME Journal of Engineering for Industry, vol. 104, pp. 190–200.

Wypych G., (2007), *Hanbook of material weathering*, 4Th edition, ChemTec Publishing, Toronto.

Wurster T., Franck A., Eyerer P., (1985), *Diffusion und alterun*, Die Angewandte Makromolekulare Chemie, vol. 137, pp. 109-120. Citato in: Wypych G., (2007), *Hanbook of material weathering*, 4Th edition, ChemTec Publishing, Toronto.

www.pc-sheets.com.

5. VALUTARE L'INVECCHIAMENTO

5.1 Premessa

Perché dismettiamo oggetti ancora utilizzabili? Cosa ci fa considerare vecchio un oggetto? Come percepiamo l'invecchiamento di un prodotto? Che emozioni ci suscita? E, infine, può l'invecchiamento di un materiale diventare un punto di forza del progetto?

Questi e altri interrogativi sono stati gli input alla base della generazione dei test che verranno successivamente descritti. Se in letteratura è facile trovare riferimenti sulla variazione di proprietà meccaniche e ottiche dei materiali dovute ai diversi tipi di invecchiamento¹, molto più difficile è rintracciare scritti rispetto alla variazione della percezione emozionale che le stesse dinamiche scaturiscono negli utenti.

Possiamo prevedere come invecchierà un oggetto (e, nello specifico, il suo materiale) eppure non sappiamo perché e quando verrà dismesso a causa del suo degrado. Non possedendo quindi letteratura scientifica di riferimento si è proceduto alla realizzazione di test sperimentali che potessero fornire le basi per la comprensione dell'argomento. **Lo scopo da perseguire è la possibilità di correlare le emozioni provate dagli utenti rispetto a coppie di oggetti, caratterizzati da differenti gradi di invecchiamento, al fine di comprendere a quali parametri fisici tali variazioni possono essere relazionate.**

Per fare ciò è stato strutturato un test, secondo il protocollo stabilito da Gaia Crippa nella sua tesi di laurea *Emotional Materials*², in grado di indagare sia le caratteristiche emozionali dei materiali che quelle percettive. Le caratteristiche espressive dei materiali si fondano infatti sull'interazione tra individuo prodotto e contesto, e sono

¹ Si veda a riguardo il Capitolo 4 (L'invecchiamento delle materie plastiche)

² Crippa G., (2010), *Emotional materials, L'emozione suscitata dai materiali nei prodotti industriali*, tesi di laurea, Politecnico di Milano.

dipendenti dalle caratteristiche del materiale stesso, che possono variare nel tempo.³ L'utilizzatore interagisce con i prodotti, li valuta emozionalmente e ne attribuisce un significato. L'emozione suscitata dal materiale dipenderà dalle caratteristiche sensoriali e tecniche del materiale, ma sarà altresì condizionata dal prodotto nel quale il materiale è inglobato. Per questo si è scelto di realizzare due differenti test: il primo mirato alla valutazione dell'invecchiamento di differenti materiali, quando incorporati in un artefatto caratterizzato da una forma e da una funzione specifica, e il secondo quando l'invecchiamento viene visualizzato su campioni di uguale forma, funzione, dimensione e colore. Nel secondo test, mantenendo fissa la variabile formale e funzionale del campione, è stato quindi possibile valutare con più chiarezza l'emozione legata al singolo materiale.

Il modello riportato nell'immagine 1 mostra come, nella relazione tra materiale ed emozione, giochino un ruolo importante anche l'utilizzatore e il prodotto.

Come sappiamo la valutazione delle qualità dei prodotti e dei loro materiali, nonché l'attribuzione di significati agli stessi, derivano da esperienze passate personali dell'utente, dipendono da gusti personali o, ad esempio, dall'appartenenza ad una determinata cultura rispetto ad un'altra.

In aggiunta a ciò anche le differenze demografiche come età, sesso, educazione e reddito possono condizionare il modo in cui le persone valutano i materiali e l'emozione

³ Karana E.,(2009), *Meaning of materials*, Tesi di dottorato presso TU Delft Netherlands.

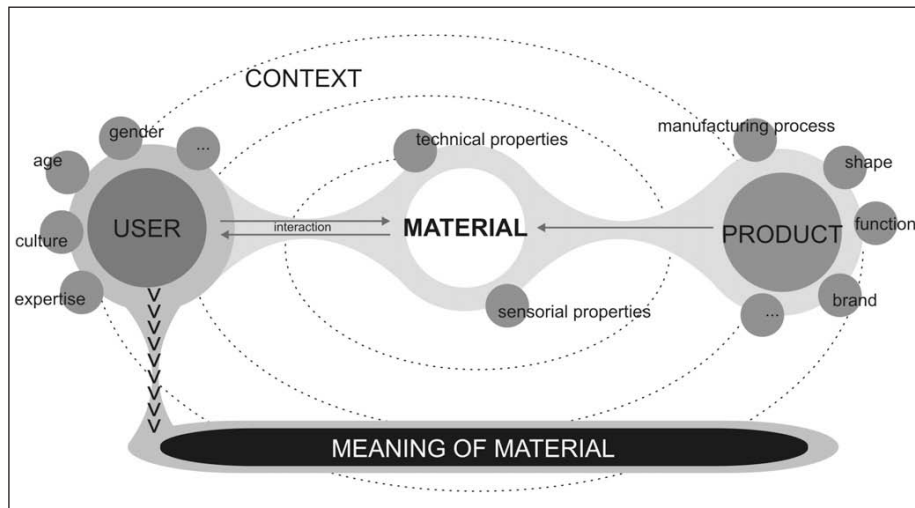


Immagine 1. Meaning of materials: modello che rappresenta la relazione tra utente, materiale e prodotto nell'attribuzione di un significato ad un materiale. Fonte: Karana E., (2009), Op. Cit.

che essi possono evocare.⁴

Per questo motivo nell'analisi dei risultati è stata effettuata una valutazione differenziata dei dati dividendo il panel di riferimento in utenti esperti e utenti non esperti, al fine di comprendere quanto il background culturale potesse influire sulla valutazione di differenti materiali.

Il fine perseguito dai test è l'identificazione delle variabili fisiche ed emotive che entrano in gioco nella percezione dell'invecchiamento di uno specifico materiale. In che modo l'invecchiamento di un materiale è correlato con le emozioni provate da un utente, quando messo a confronto con quel materiale? E quali sono le variabili sensoriali predominanti in tale percezione?

Trovando risposta a queste domande si offre al progettista, che voglia progettare un prodotto *nel tempo*, uno strumento utile in grado di supportarlo nella scelta del materiale più adeguato rispetto all'effetto emozionale desiderato (oltre che, ovviamente, il più adeguato rispetto alla funzione del prodotto stesso).

⁴ Karana E., Hekkert, P., (2010), *User- material-product interrelationships in attributing meanings*, International Journal of Design, 4(3), pp. 43-52.

5.2 Test_0: Gli oggetti invecchiati

5.2.1 OBIETTIVO

Il test è suddiviso in due parti autonome tra loro. La prima parte del test, sostenuta tramite l'utilizzo di Emocards⁵, ha lo scopo di **valutare le emozioni** legate a materiali con differenti gradi di invecchiamento. I materiali scelti sono sotto forma di artefatto, quindi caratterizzati da una forma ed un colore. Un'attenzione particolare viene data anche al background culturale dell'utente, fattore che potrebbe influenzare la valutazione degli artefatti.

Nella seconda parte del test l'utente viene invitato a valutare le **caratteristiche sensoriali** di ogni campione.

Scopo del test è quello di scoprire come varia la percezione dell'utente rispetto ad oggetti invecchiati, correlando alla variazione emozionale i parametri sensoriali ritenuti responsabili.

5.2.2 METODO

5.2.2.1 Oggetto del test

Ai fini della ricerca è stato essenziale selezionare 5 prodotti, uniformi tra loro, dei 5 materiali polimerici esposti nel capitolo precedente⁶: ABS, PC, PET, PMMA e PP. Elvin Karana nel suo studio *The effect of form on attributing meanings to materials*⁷ ha dimostrato come la forma di un artefatto può influenzare la sua valutazione, in particolare la percezione varia notevolmente tra prodotti arrotondati e prodotti che presentano spigoli vivi. Anche il contesto di utilizzo influenza la percezione di un prodotto, un materiale può suscitare emozioni diverse quando è inglobato in un prodotto da cucina piuttosto che in un prodotto da ufficio. Inoltre le dimensioni dell'oggetto sono fondamentali, in quanto dallo studio è emerso che piccoli prodotti suscitano descrizioni più sensoriali di oggetti più grandi. Questo perché, nell'esperienza quotidiana, l'interazione con grandi oggetti non permette una manipolazione degli stessi, diminuendo quindi la percezione tattile.⁸

Per queste motivazioni i prodotti utilizzati in questo test sono stati selezionati secondo i seguenti requisiti:

- *semplicità formale*, limitando dettagli, spessori e dimensioni disomogenee

5 Desmet P.M.A., Overbeeke C.J., Tax S.J.E.T., (2001), *Designing products with added emotional value: development and application of an approach for research through design*, The Design Journal, Vol. 4, N°1, pp. 32-47.

6 Capitolo 4 (L'invecchiamento delle materie plastiche).

7 Karana, E., Van Weelderen, W., Van Woerden, E. (2007), *The effect of form on attributing meanings to materials*, ASME International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, Las Vegas.

8 Karana, E., Van Weelderen, W., Van Woerden, E. (2007), Op. Cit.

- *monomatericità*, per poter valutare in maniera oggettiva un solo materiale per volta
- *dimensioni ridotte*, per favorire l'interazione e la manipolazione dei partecipanti con l'artefatto
- *uniformità nel contesto di utilizzo*

Gli artefatti selezionati sono prodotti da cucina: un pelapatate in ABS, 2 bicchieri in PC e PMMA, 2 piccoli contenitori in PC e PET; le dimensioni massime sono di 130x130 mm e tutti i prodotti presentano forme arrotondate e spessori costanti.

Gli oggetti sono stati fatti invecchiare artificialmente tramite esposizione a raggi UV; i differenti metodi di invecchiamento utilizzati sono riportati nell'*Appendice I*⁹. Nell'analisi dei risultati sono indicati con il nome del materiale seguito dal numero **0 tutti gli oggetti nuovi [es: ABS_0]** e con il nome del materiale seguito dal numero **1 tutti gli oggetti invecchiati [es: ABS_1]**.

9 APPENDICE I: ottenimento dei campioni invecchiati, pp. 155-160



Immagine 2. Campioni in ABS utilizzati per il test_0.

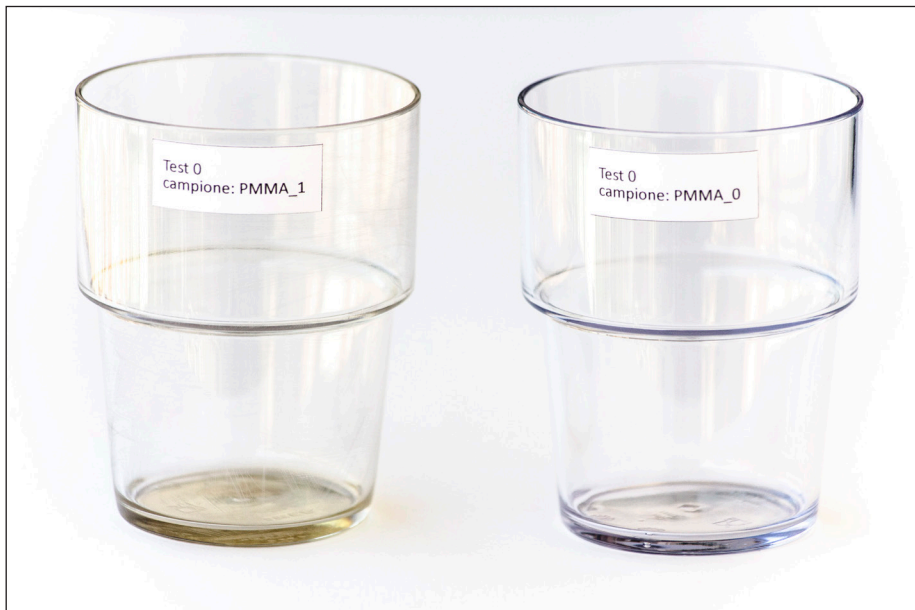
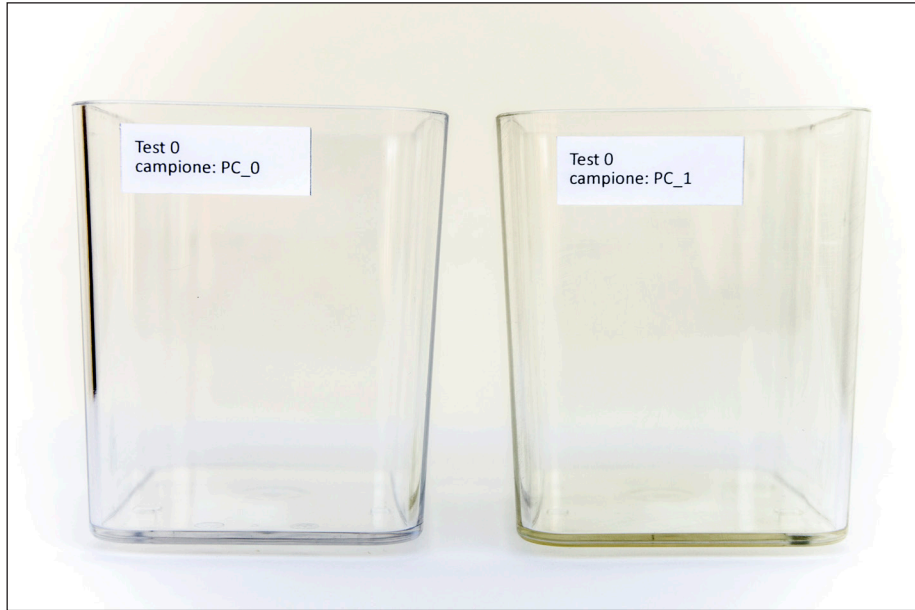


Immagine 3-6. Campioni utilizzati per il test_0.

5.2.2.2 Panel

Sono stati coinvolti nel test 25 soggetti di cittadinanza italiana, di cui 10 femmine e 15 maschi. I partecipanti sono stati ulteriormente distinti in base al loro background culturale dividendoli in:

- Naif (12 u.) non appartenenti al mondo del progetto e senza alcuna nozione legata ai materiali.
- Professionisti (13 u.) selezionati tra studenti a fine corso della laurea magistrale in Design & Engineering del Politecnico di Milano e professionisti nel campo della progettazione e dei materiali.

5.2.2.3 Strumenti

Ai fini dell'indagine sono stati utilizzati strumenti differenti:

- per la prima fase del test sono state utilizzate le Emocards, per la valutazione emozionale degli oggetti, sviluppate da Pieter Desmet¹⁰ nello studio *Designing products with added emotional value: development and application of an approach for research through design*;
- per la seconda fase del test è stato utilizzato un questionario pittografico di valutazione delle proprietà sensoriali dell'oggetto, formulato da Elvin Karana¹¹ nello studio *Meanings of materials through sensorial properties and manufacturing processes*.

È stato inoltre sviluppato un questionario finalizzato a stabilire le generalità anagrafiche di ogni utente.

5.2.2.3.1 Emocards

Discutere delle risposte emotive suscitate dai prodotti con gli utenti è difficile, studi precedenti¹² hanno dimostrato che i soggetti sono in imbarazzo quando gli viene chiesto di esprimere la loro risposta emotiva ad un prodotto, questo perché le emozioni sono difficili da verbalizzare, in particolare le emozioni a bassa intensità suscitate dai prodotti. Le Emocards prima, e il software PrEmo poi, sono stati sviluppati per aiutare i soggetti di esprimere la propria risposta emotiva, senza basarsi sull'uso di parole.

Lo sviluppo di questi strumenti è basato su uno studio approfondito del ruolo delle emozioni nelle teorie evolutive e cognitive, che hanno dimostrato come le emozioni siano una tecnica di adattamento dell'uomo nei confronti degli stimoli esterni, manifestata esteriormente attraverso micro-espressioni facciali. Lo strumento si basa quindi sulla capacità, che gli uomini hanno sviluppato nel lungo processo evolutivo, di riconoscere le espressioni facciali altrui, comprendendo senza la necessità di ri-

10 Desmet P.M.A., Overbeeke C.J., Tax S.J.E.T., (2001), Op. Cit.

11 Karana E., Hekkert P., Kundachar P., (2008), *Meanings of materials through sensorial properties and manufacturing processes*, Materials & Design, vol.30, pp. 2778–2784.

12 Desmet, P.M.A., Hekkert, P., (1998), *Emotional reactions elicited by car design: a measurement tool for designers*, Proceedings of the 31st ISATA conference Düsseldorf, Germany, 237-244.

correre alla parola, le emozioni che essi provano. Inoltre, fatto di estremo interesse, le micro-espressioni sono di origine biologica, e non culturale, risultando pertanto universali.

Le Emocards sviluppate nello studio *Designing products with added emotional value* raffigurano 16 volti stilizzati graficamente le cui espressioni variano in base alla gradevolezza dell'emozione e all'eccitazione (lo stato fisico di attivazione). Le emozioni con alti livelli di eccitazione vengono definite eccitanti (ad esempio disgustato e gioioso), mentre le emozioni tranquille sono dotate di bassi livelli di eccitazione (ad esempio annoiato e felice). La piacevolezza di un'emozione varia da piacevole (per esempio soddisfatto) a molto sgradevole (ad esempio disprezzato).

Le schede possono essere utilizzate sia come un aiuto ad oggettivare le risposte emotive, che come aiuto per avviare una conversazione su tali risposte con i vari utenti a cui viene sottoposto il test.

Nel test si è deciso di riadattare le Emocards sviluppate nel 2001 alle espressioni facciali sviluppate nell'ultima versione del software PrEmo 2012; in questi anni sono infatti state elaborate 6 differenti versioni delle stesse espressioni, ognuna delle quale è stata validata attraverso opportuni test eseguiti su diversi soggetti ed per entrambe le culture occidentali e orientali. Il personaggio rappresentato è maturato e si è scelto di

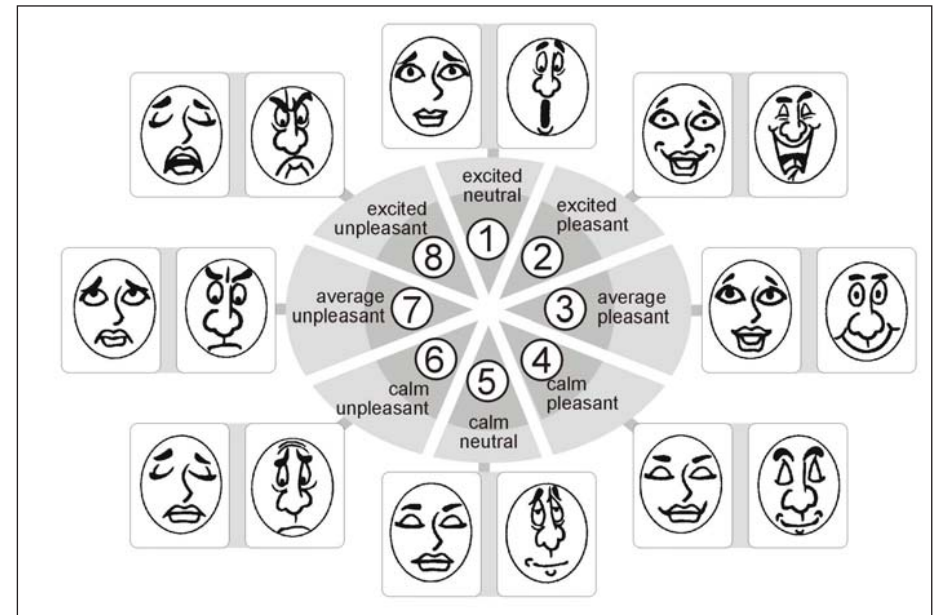


Immagine 7. Le otto categorie emozionali. Fonte: Desmet P.M.A., Overbeeke C.J., Tax S.J.E.T., (2001), Op. Cit.

utilizzare il volto e il torso superiore per aumentare l'intensità dell'espressione. Nello strumento, le 16 emozioni sviluppate nei precedenti studi sono state ricondotte a 12 emozioni, 6 positive (soddisfazione, fascino, gioia, orgoglio, speranza, desiderio) e 6 negative (disgusto, insoddisfazione, vergogna, paura, noia, tristezza), rappresentative delle emozioni maggiormente suscitate dai prodotti industriali.

Nel software ciascuna emozione è interpretata da un'animazione dinamica del viso, da espressioni del corpo e vocali. È stato scelto un personaggio stilizzato graficamente anziché l'immagine di volto reale per essere in grado di descrivere in modo chiaro le emozioni senza subire interferenze dovute alla piacevolezza o meno di un volto specifico. Le immagini sono state ricavate dalla ripresa di attori reali con fotocamere ad alta velocità, al fine di distillare i tratti fondamentali legati ad una specifica emozione. Utilizzando immagini e animazioni invece che parole, PrEmo diventa più affidabile e al tempo stesso divertente da usare, inoltre si può applicare a diverse etnie limitando anche i problemi e gli errori dovuti alla traduzione e all'interpretazione delle parole specifiche. Per l'utente non è necessaria la comprensione razionale dell'emozione espressa dal personaggio, ma è sufficiente che intuitivamente riconosca la sensazione e

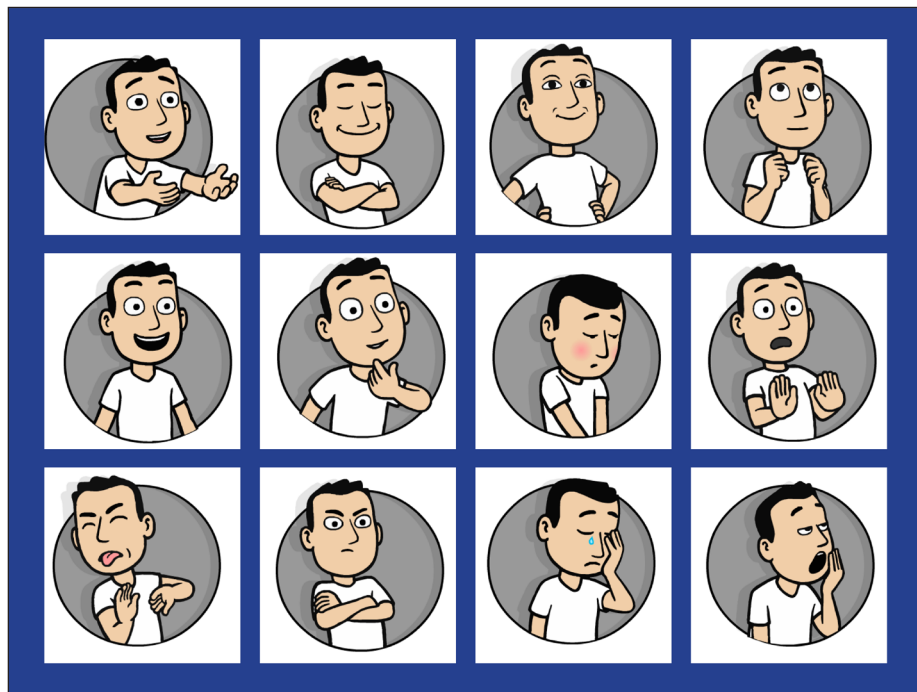


Immagine 8. Le 12 emozioni di PrEmo 2012. Fonte: www.premotool.com

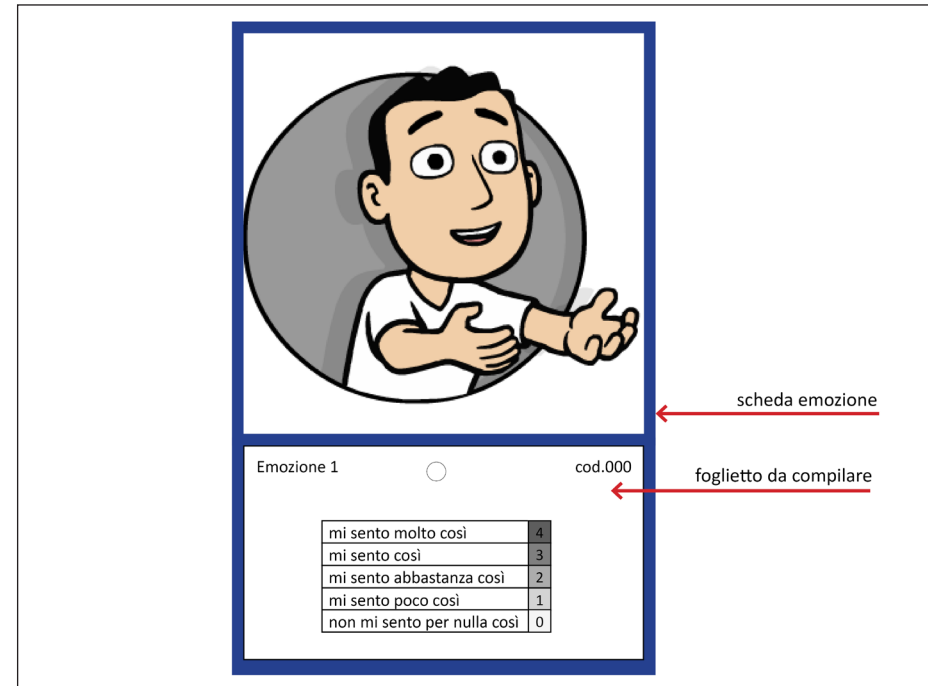


Immagine 9. Emocards sviluppata per il test_0.

sia in grado di valutarla su una scala graduata. Ad esempio può capitare che l'utente riconosca nell'animazione l'emozione ufficialmente chiamata *soddisfazione*, ma senza interrogarsi sul vero significato della stessa. Se invece all'utente fosse stato chiesto, in una scala da 0 a 4, quanto si sentisse soddisfatto del campione probabilmente si sarebbe domandato "cosa significa la soddisfazione per me?", a questo punto la sua attenzione si sarebbe spostata altrove rischiando di non misurare con attenzione l'emozione presentata.

Il software PrEmo è disponibile sul sito www.premotool.com mentre le card sono state realizzate appositamente per l'esperimento dall'autrice, utilizzando però le stesse immagini presentate nel software (Immagine 8).

5.2.2.3.2 Questionario pittografico

Il questionario utilizza una scala bipolare composta da 5 valori, offrendo il vantaggio di fornire all'interlocutore un intervallo di valori tra cui scegliere evitando personali interpretazioni. Per ogni proprietà sono stati definiti due aggettivi opposti, in modo da evitare fraintendimenti tra proprietà con definizioni simili.

Particolare attenzione è data alla rappresentazione grafica delle proprietà, per cui

si è scelto di utilizzare sempre lo stesso elemento di supporto (come la sfera per le proprietà di trasparenza e riflettività) ed un simile ambiente virtuale. La descrizione pittografica delle proprietà ha permesso una maggiore comprensione dei concetti in esame, soprattutto per il campione *Naif*.

Ai fini di una maggiore comprensione dello strumento si è scelto di tradurre in italiano la descrizione delle proprietà sensoriali, tale descrizione è stata quindi ricavata dall'atlante sensoriale elaborato da V. Rognoli e M. Levi¹³. Alle proprietà rintracciabili nell'atlante sono state aggiunte tre proprietà meccaniche quali la rigidità, la tenacità e la duttilità, e due proprietà, una sonora e una olfattiva, ritenute parametri interessanti ai fini della valutazione dell'invecchiamento di un materiale.

Allo scopo di semplificare ulteriormente la compilazione, alcuni termini con cui vengono identificate correttamente le proprietà dei materiali, sono stati sostituiti con altri termini utilizzati comunemente dai non addetti, per esempio il termine *tenacità* è stato sostituito con quello di *resistenza*.

I parametri selezionati sono: caldo/freddo, duro/morbido, liscio/rugoso, leggero/pesante, rigido/flessibile, non elastico/elastico, resistente/fragile, satinato/lucido, non riflettente/ riflettente, sbiadito/saturo, suono gradevole/suono sgradevole, inodore/odoroso.

I parametri selezionati possono essere divisi in:

- aspetto tattile: touch
- aspetto fotometrico: lucentezza, trasparenza, riflettività, saturazione
- aspetto uditivo: suono
- aspetto olfattivo: odore

Ciascun parametro è stato successivamente declinato secondo degli attributi di qualità.

- Aspetto tattile: *Touch* (caldo/freddo, duro/morbido, liscio/rugoso, leggero/pesante, rigido/flessibile, non elastico/elastico, resistente/fragile)
- Aspetto fotometrico: *Trasparenza* (opaco/trasparente), *Lucentezza* (satinato/lucido), *Riflettività* (non riflettente/ riflettente), *Saturazione* (sbiadito/saturo)
- Aspetto uditivo: *Suono* (suono gradevole/suono sgradevole)
- Aspetto olfattivo: *Odore* (inodore/odoroso)

Ai parametri e alle qualità sono state poi relazionate le proprietà della materia, tuttavia si è preferito non esplicitarle nel questionario, in quanto avrebbero potuto essere fuorvianti ai fini dell'indagine.

¹³ Rognoli V., Levi M., (2004), *Materiali per il design: espressività e sensorialità*, Milano, Polipress.

Ogg: ABS_0		cod: 000						
Freddo		2	1	0	1	2		Caldo
Duro		○	○	○	○	○		Morbido
Liscio		○	○	○	○	○		Rugoso
Leggero		○	○	○	○	○		Pesante
Rigido		○	○	○	○	○		Flessibile
Non elastico		○	○	○	○	○		Elastico
Resistente		○	○	○	○	○		Fragile
Opaco		○	○	○	○	○		Trasparente
Satinato		○	○	○	○	○		Lucido
Riflettente		○	○	○	○	○		Non riflettente
Sbiadito		○	○	○	○	○		Saturo
Suono piacevole		○	○	○	○	○		Suono sgradevole
Inodore		○	○	○	○	○		Odoroso

Immagine 10. Il questionario sensoriale.

Aspetto tattile:

- caldo/freddo: conduttività termica, capacità termica
- duro/morbido: durezza, modulo elastico
- liscio/rugoso: rugosità
- leggero/pesante: densità
- rigido/flessibile: modulo di Young
- non elastico/elastico: carico di snervamento

Aspetto fotometrico:

- opaco/trasparente: trasparenza, nitidezza, nebulosità
- satinato/lucido: brillantezza, nebulosità, riflettanza
- non riflettente/ riflettente: indice di rifrazione, riflettanza
- sbiadito/saturo: saturazione del colore

Aspetto uditivo:

- suono gradevole/suono sgradevole: parametro soggettivo

Aspetto olfattivo:

- inodore/odoroso: unità odorimetrica

5.2.2.3.3 Questionario anagrafico

Sono state predisposte domande che consentissero una rilevazione anagrafica dei partecipanti al fine di comprendere al meglio la relazione tra risultati dei vari test e utente:

- *Sesso_* La valutazione del genere permette di comprendere se il sesso, femminile o maschile, possa influenzare la relazione emozionale che si instaura, attraverso il materiale, tra utilizzatore e prodotto. In letteratura esistono infatti diversi studi che dimostrano come donne e uomini percepiscano in maniera differente il mondo circostante in base alle loro abilità fisiche, e le norme sociali e culturali.¹⁴
- *Background_* Con questo fattore viene valutata la familiarità con il mondo del progetto e dei materiali, allo scopo di verificare, se e quanto, la conoscenza delle proprietà dei materiali o delle caratteristiche di un prodotto possa condizionare il ruolo emozionale dei materiali.
- *Età_* L'emozione suscitata dai materiali può dipendere dall'età dell'utilizzatore. L'esperienza acquisita negli anni può infatti determinare il modo in cui un materiale viene valutato.
- *Stato emotivo_* Andando a valutare le emozioni è fondamentale conoscere lo stato emotivo dell'utente all'inizio del test, questo potrà infatti influire sulla valutazione delle emozioni legate ai differenti materiali.

Ad ogni utente è stato assegnato un codice numerico (da 000 a 029), riportato su ciascuna scheda compilata e sulla busta contenente i risultati, in modo da riservare univocamente ad ogni singolo utente il materiale a lui destinato.

¹⁴ Karana E. (2010), *Meanings of materials: findings and implications*, Proceedings of TMCE 2010 Symposium, Ancona.

5.2.2.4 Procedura del test

Fase 1

Il Panel leader dispone sul tavolo i 10 oggetti nel seguente ordine: ABS_0, ABS_1, PC_0, PC_1, PET_0, PET_1, PMMA_0, PMMA_1, PP_0, PP_1 (come da immagine: prima quello originale e successivamente quello invecchiato). Davanti agli oggetti sono disposte su due file parallele le schede riportanti le 12 emozioni. Nella fila superiore le 6 emozioni positive nel seguente ordine: *desiderio, soddisfazione, orgoglio, speranza, gioia, fascino*; nella fila inferiore sono poste le 6 emozioni negative nel seguente ordine: *disgusto, insoddisfazione, vergogna, paura, tristezza, noia*.

Fase 2

Il Panel leader compila un breve questionario per la rilevazione anagrafica dei partecipanti (si veda il paragrafo "Questionario anagrafico").

Fase 3

Il Panel leader spiega all'utente lo svolgimento e la finalità del test.

Fase 4

All'utente viene presentato un oggetto per volta, rispetto a cui è tenuto a valutare (in termini di intensità) ciascuna delle 12 emozioni rappresentate nelle Emocard. L'utente esprime il proprio accordo tra l'emozione provata e quella rappresentata sulla card, in una scala a 5 fattori di intensità (da 0 a 4), i cui significati sono i seguenti:

0_ non mi sento per nulla così

1_ mi sento poco così

2_ mi sento abbastanza così

3_ mi sento così

4_ mi sento molto così

Per passare all'analisi dell'oggetto successivo è necessario esprimere una valutazione per ciascuna delle 12 emozioni. Una volta passati all'artefatto successivo non è più possibile tornare all'oggetto precedente per modificare i giudizi. (Tempo stimato per questa fase ca. 10 minuti).

Fase 5

Compilazione del questionario cartaceo.

Il questionario, che presenta un elenco di caratteristiche sensoriali, è costituito da 10 pagine, una per ogni oggetto. Ogni pagina riporta il nome dell'oggetto testato e le caratteristiche sensoriali da valutare, per ciascuna caratteristica sono indicati gli opposti, ad esempio duro-morbido.

I partecipanti sono invitati a valutare la corrispondenza tra il materiale valutato e la proprietà specifica su una scala da -2 a +2, sulla base dell'intensità. L'oggetto da valutare viene fornito dal Panel Leader seguendo il medesimo ordine utilizzato nella fase 3. (Tempo stimato per questa fase ca. 10 minuti)

Fase 6

Il Panel leader chiede all'utente un commento sul test appena svolto, al fine di comprendere quali possono essere le maggiori difficoltà riscontrate e quali possono essere invece i punti di forza di tale metodo. Tali commenti verranno trascritti sulla scheda anagrafica di ogni partecipante.

5.2.2.5 Riscontri

Tutti gli utenti hanno espresso curiosità verso il test svolto e soddisfazione. Alcuni utenti hanno mostrato un'iniziale difficoltà nel riconoscere le emozioni rappresentate nelle card, mentre altri utenti hanno trovato difficile correlare l'emozione da loro provata con quelle proposte nelle Emocard. La maggiore difficoltà si è riscontrata nella valutazione delle emozioni negative, giudicate eccessive per oggetti così comuni. Molti utenti hanno ritenuto che la tipologia di oggetti, comuni e semplici, fosse difficilmente valutabile con emozioni ad alta intensità quali il disprezzo o la gioia, questo a riprova che le emozioni suscitate dai materiali, come quelle suscitate dai prodotti sono emozioni a bassa intensità¹⁵. Alcuni utenti hanno ritenuto difficile valutare le proprietà acustiche e olfattive degli oggetti.

¹⁵ Desmet P.M.A., Overbeeke C.J., Tax S.J.E.T., (2001), Op. Cit.



Immagine 11. Il test_0.

5.2.3 ANALISI DEI RISULTATI

Lo scopo del test è di analizzare come varia l'affezione dell'utente rispetto ad oggetti invecchiati, al fine di aumentare la conoscenza del designer sulle dinamiche correlate al fenomeno dell'invecchiamento. L'analisi dei dati ottenuti è così strutturata:

5.2.3.1 Valutazione della percezione emozionale dei materiali.

5.2.3.2. Valutazione della percezione sensoriale dei materiali.

5.2.3.3 Correlazioni tra le variazioni emozionali e le caratteristiche sensoriali dei materiali.

Elaborazione dei dati

Poiché i dati raccolti sono risultati molto disparati non è stato possibile definire un'unica misura di tendenza centrale. Per questo si è scelto di analizzare i risultati valutando per ciascun'emozione, ciascun materiale e aspetto sensoriale i valori di: media, mediana, 25° e 85° percentile e deviazione standard. Segue ora una breve descrizione degli indici utilizzati, per una trattazione più esaustiva si rimanda il lettore all'*APPENDICE II: analisi dati indagine sperimentale*¹⁶. L'impiego congiunto di tutte le medie è utile per fornire un'informazione più completa sul fenomeno. Il solo utilizzo della media aritmetica non è stato considerato rappresentativo in quanto tale dato risente fortemente dei valori estremi. Per questo si è scelto di analizzare i dati confrontando il valore medio di ciascun parametro, eliminando dal campione i due valori estremi (il maggiore ed il minore). La **mediana** invece, essendo una media di posizione, non risulta influenzata dall'eventuale presenza di valori anomali (valori eccessivamente grandi o particolarmente piccoli rispetto all'insieme degli altri termini) tuttavia tende a normalizzare eccessivamente il risultato. I **percentili** possono essere letti come generalizzazione della mediana, essendo i valori che suddividono l'insieme dei termini (o delle modalità ordinali) in due parti, con quote percentuali prefissate¹⁷. La **deviazione standard** è un indice statistico che consente di misurare la dispersione delle singole osservazioni intorno alla media aritmetica, è stata utilizzata per comprendere quali fossero le emozioni, le percezioni o i materiali in cui i dati raccolti manifestassero la maggiore dispersione, indice della difficoltà di definizione univoca del dato.

5.2.3.1 Valutazione della percezione emozionale dei materiali

L'analisi dei dati è stata svolta su quattro differenti livelli: nei livelli 1 e 2 sono state valutate le emozioni maggiormente significative riferite ai singoli materiali dall'intero panel, nel livello 3 tale analisi è stata compiuta dividendo il panel in utenti esperti e non esperti, al fine di comprendere quanto il background culturale influisca sulle valutazioni, infine nel livello 4 sono state valutate le variazioni percettive tra oggetti nuovi e invecchiati.

¹⁶ APPENDICE II: analisi dati indagine sperimentale, pp.169-170.

¹⁷ Ferrarese G., (2009), *Elementi di Statistica: Le medie, Dispense corso di scienze naturali*, Torino, Politecnico di Torino.

5.2.3.1.1 Livello 1

In questa fase è stato valutato quali emozioni sono state maggiormente associate ai campioni in analisi. L'indagine comprende un range di 12 emozioni, 6 positive (*soddisfazione, fascino, gioia, orgoglio, speranza, desiderio*) e 6 negative (*vergogna, disprezzo, insoddisfazione, tristezza, paura, noia*).

Il primo dato che emerge è che la valutazione media di ciascuna emozione è significativamente bassa, inferiore a 2 punti su 4, questo perché, come teorizzato da P. Desmet nei suoi studi¹⁸, le emozioni legate agli oggetti sono a bassa intensità se paragonate alla forza che le stesse possono avere nella vita di un individuo.

Dall'analisi del grafico emerge chiaramente una distinzione tra la percezione delle emozioni positive e negative. **Le emozioni positive vengono infatti associate a valori di intensità più alti** mentre quelle negative risultano percepite con minore intensità. Gli utenti hanno ritenuto infatti molto difficoltoso associare emozioni negative di forte intensità, come disgusto o paura, ad oggetti di uso così comune.

Nonostante la metà degli oggetti presentassero visibili segni di invecchiamento, i materiali sono stati percepiti positivamente nella maggior parte dei casi. Il dato può significare che il logoramento materico non è il maggiore responsabile del mancato apprezzamento di un prodotto e che esso potrebbe essere invece valorizzato come un punto di forza del prodotto, segno visibile della sua storia. La valutazione emozionale di un oggetto passa attraverso l'uso dello stesso, superato l'entusiasmo iniziale

18 Desmet P.M.A., Overbeeke C.J., Tax S.J.E.T., (2001), Op. Cit.

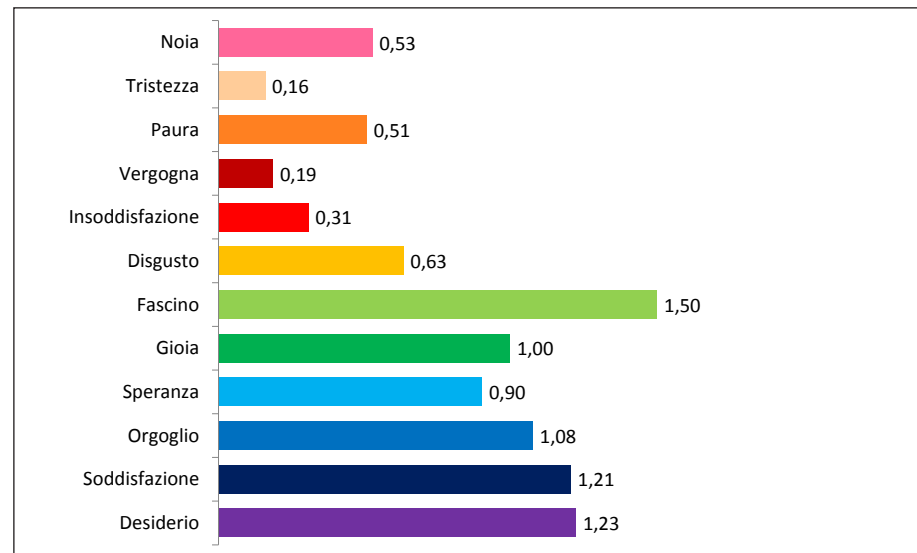


Grafico 1. Intensità delle emozioni (valori medi di percezione).

legato al piacere dell'acquisto è infatti attraverso l'utilizzo che capiamo la piacevolezza o meno di un oggetto.¹⁹ Quindi l'analisi dell'oggetto decontestualizzata dal suo reale utilizzo potrebbe aver influenzato la valutazione emozionale dello stesso, portando gli utenti a valutare con maggiore serenità i campioni proposti.

Successivamente è stata esaminata singolarmente ogni emozione, al fine di stabilire a quali materiale potessero essere collegati i valori emozionali massimi e minimi e quali siano le emozioni maggiormente significative (i risultati di tale analisi sono riportati nell'*APPENDICE II: analisi dati indagine sperimentale*²⁰). Analizzando i dati raccolti è emerso che alcune emozioni, come vergogna e delusione, non risultano rilevanti per la valutazione di questa tipologia di oggetti e materiali, ottenendo valutazioni medie di poco superiori a 0. L'emozione maggiormente percepita risulta essere il fascino, sentimento legato alla potenza di attrazione e di seduzione, nonostante tutti gli oggetti del test fossero artefatti molto comuni e conosciuti tutti sono stati considerati affascinanti, con valori sempre positivi e superiori a 1 punto.

19 Woolley M., (2003), *Choreographing Obsolescence – Ecodesign: the Pleasure/Dissatisfaction Cycle*, Designing Pleasurable Products and Interfaces Conference, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, USA.

20 APPENDICE II: analisi dati indagine sperimentale, pp. 171-178.

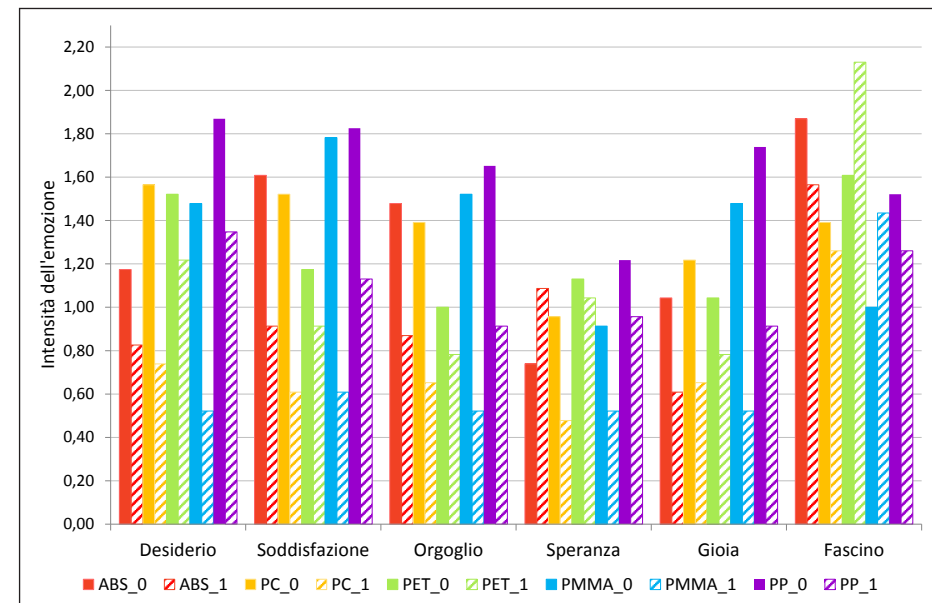


Grafico 2. Intensità delle emozioni positive percepite per singolo materiale (valori medi di percezione).

Emozioni positive

Dall'analisi delle emozioni positive (Grafico 2) è emerso che le valutazioni a maggiore intensità sono sempre state assegnate ad oggetti nuovi, in particolare a ABS_0, PP_0 e PMMA_0. Sono tutti oggetti molto comuni, i primi due sono bicchieri da cucina mentre il terzo è un pelapatate, riconoscibili e caratterizzati da un utilizzo di forme e materiali tradizionali. Inoltre sia il pelapatate in ABS che il bicchiere in PP sono caratterizzati da colori vivaci, rosso e fuxia, la presenza di tali colorazioni potrebbe aver influito positivamente sulla valutazione emozionale. Più volte infatti durante il test è stato espresso dagli utenti l'apprezzamento per il colore dell'oggetto analizzato.

L'unico oggetto invecchiato a ricevere una **valutazione positiva maggiore di quella del suo corrispettivo nuovo è la scatola in PET_1 che, nonostante fosse deformata e scolorita è stata considerata come l'oggetto più affascinante tra tutti i campioni proposti.**

Tutti i campioni che hanno ricevuto le valutazioni più basse, dimostrando quindi di non corrispondere all'emozione analizzata, erano oggetti invecchiati. In particolare il bicchiere PMMA_1 e la scatola PC_0 hanno ottenuto in tutte le emozioni positive il punteggio inferiore. I campioni in analisi erano gli unici due oggetti trasparenti e presentavano visibili segni di ingiallimento e di usura, causata dall'abrasione.

Emozioni negative

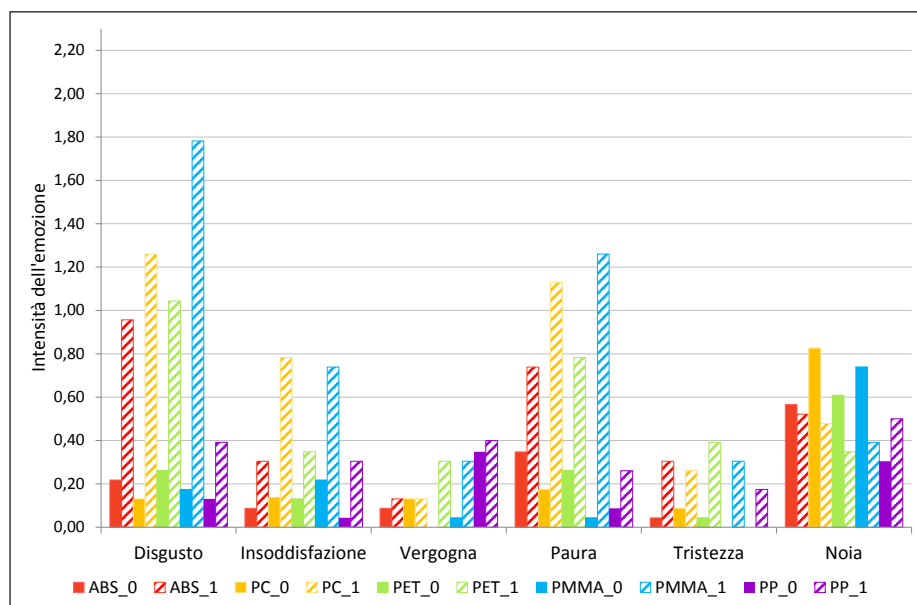


Grafico 3. Intensità delle emozioni negative percepite per singolo materiale (valori medi di percezione).

Dall'analisi delle emozioni negative (Grafico 3) è emerso chiaramente come queste siano difficilmente associabili ad oggetti così semplici, le valutazioni maggiori infatti sono state di 1 punto su 4, durante la fase di test infatti molti utenti hanno espresso le loro difficoltà a valutare con emozioni di così forte intensità oggetti così semplici e comuni. Anche in questo caso gli oggetti che hanno ricevuto le valutazioni maggiori sono stati il PC_ e il PMMA_1. Significativi sono stati i commenti espressi dagli intervistati che hanno più volte riferito come entrambi gli oggetti provocassero un profondo disgusto dovuto al fatto che a causa del loro ingiallimento eccessivo potrebbero ipoteticamente contaminare i cibi con cui entrano in contatto.

Interessante notare come nella valutazione dell'emozione noia nei valori medi compaia una leggera differenza tra gli oggetti nuovi e quelli vecchi, gli utenti hanno infatti considerato più noiosi i primi dei secondi, a significare come gli oggetti degradati risultino comunque più interessanti di quelli nuovi. Più volte in fase di test è stato riferito come gli oggetti rovinati provocassero una sensazione di nostalgia, legata all'idea che abbiano vissuto qualcosa. A questo proposito viene riportato un commento di un intervistato che alla vista dei campioni da analizzare ha esordito dicendo: "Son curiosi questi antichi!".

5.2.3.1.2 Livello 2

Questo livello di analisi intende indagare le relazioni esistenti tra le categorie emozionali e i singoli materiali, stabilendo una soglia di significatività utile per la comprensione delle emozioni maggiormente significative per ciascun materiale polimerico analizzato. Dopo aver calcolato il valore medio di ogni emozione espressa per ciascun materiale, eliminando i due valori estremi, è stato valutato il valore medio di tutte le emozioni espresse per il singolo materiale (evidenziato con il colore rosso). Le emozioni che superano tale valore medio (evidenziate con il colore giallo) sono state considerate significative per descrivere il singolo materiale.

Si evince che le emozioni significative sono, per materiale:

- ABS_0: soddisfazione, orgoglio, gioia, fascino, noia.
- ABS_1: speranza, fascino, disgusto, paura.
- PC_0: desiderio, soddisfazione, orgoglio, speranza, gioia, noia.
- PC_1: disgusto, insoddisfazione, paura, tristezza.
- PET_0: desiderio, speranza, gioia, fascino, noia.
- PET_1: speranza, fascino, disgusto, insoddisfazione, vergogna, paura, tristezza.
- PMMA_0: desiderio, soddisfazione, orgoglio, speranza, gioia, noia.
- PMMA_1: disgusto, insoddisfazione, vergogna, paura, tristezza.
- PP_0: desiderio, soddisfazione, orgoglio, speranza, gioia, fascino, vergogna.
- PP_1: desiderio, speranza, vergogna, tristezza.

	ABS_0	ABS_1	PC_0	PC_1	PET_0	PET_1	PMMA_0	PMMA_1	PP_0	PP_1
Desiderio	1,17	0,83	1,57	0,74	1,52	1,22	1,48	0,52	1,87	1,35
Soddisfazione	1,61	0,91	1,52	0,61	1,17	0,91	1,78	0,61	1,83	1,13
Orgoglio	1,48	0,87	1,39	0,65	1	0,78	1,52	0,52	1,65	0,91
Speranza	0,74	1,09	0,96	0,48	1,13	1,04	0,91	0,52	1,22	0,96
Gioia	1,04	0,61	1,22	0,65	1,04	0,78	1,48	0,52	1,74	0,91
Fascino	1,87	1,57	1,39	1,26	1,61	2,13	1	1,43	1,52	1,26
Disgusto	0,22	0,96	0,13	1,26	0,26	1,04	0,17	1,78	0,13	0,39
Insoddisfazione	0,09	0,3	0,14	0,78	0,13	0,35	0,22	0,74	0,04	0,30
Vergogna	0,09	0,13	0,13	0,13	0,00	0,3	0,04	0,3	0,35	0,40
Paura	0,35	0,74	0,17	1,13	0,26	0,78	0,04	1,26	0,09	0,26
Tristezza	0,04	0,3	0,09	0,26	0,04	0,39	0	0,3	0	0,17
Noia	0,57	0,52	0,83	0,48	0,61	0,35	0,74	0,39	0,30	0,50
Media	0,77	0,74	0,79	0,70	0,73	0,84	0,78	0,74	0,89	0,71

Tabella 1. Soglia di significatività valutata per ogni singolo materiale.

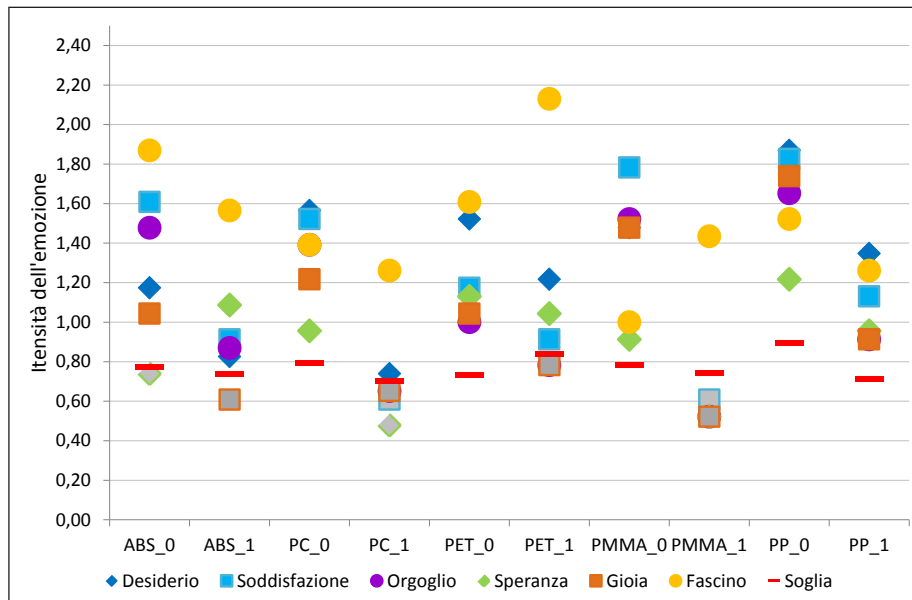


Grafico 4. Soglia di significatività per le emozioni positive valutata per ogni singolo materiale. Le emozioni che si collocano sopra alla soglia sono considerate significative per il materiale di riferimento.

Emozioni positive

Dall'analisi delle emozioni positive emerge come queste risultano **sempre significative se rapportate ad oggetti nuovi**. Le emozioni maggiormente significative risultano il fascino e il desiderio, mentre quella meno pertinente risulta essere la gioia, emozione che non viene mai associata ai materiali invecchiati. Per i campioni PMMA_1 e PC_1 viene invece considerata significativa solo l'emozione del fascino, in quanto le altre emozioni vengono provate con intensità troppo basse.

Emozioni negative

Dall'analisi emerge come difficilmente le emozioni negative possono essere associate ai materiali. **Nessuna emozione negativa risulta infatti essere significativa per gli oggetti nuovi** (ad eccezione della scatola in PC_0). Le emozioni che superano la soglia di significatività, disgusto, insoddisfazione e paura, risultano associate unicamente ai materiali invecchiati.

5.2.3.1.3 Livello 3

In questa fase è stata valutata l'influenza del background culturale del panel nella valutazione emozionale degli oggetti. Il panel è stato suddiviso in *esperti*, selezionati tra studenti a fine corso della laurea magistrale in Design & Engineering del Politecnico di

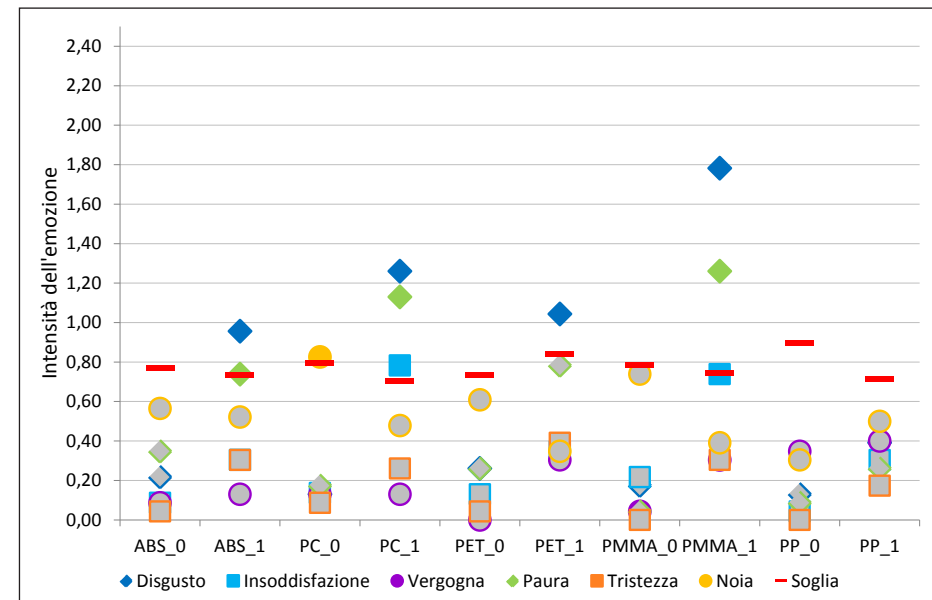


Grafico 5. Soglia di significatività per le emozioni negative valutata per ogni singolo materiale. Le emozioni che si collocano sopra alla soglia sono considerate significative per il materiale di riferimento.

Milano e professionisti nel campo della progettazione e dei materiali, e *naif*, ovvero non appartenenti al mondo del progetto e senza alcuna nozione legata ai materiali. I dati ricavati sono stati confrontati con le preferenze espresse dalla totalità del panel. Di seguito viene riportato il grafico emerso dal confronto tra emozioni percepite tra i diversi panel. Per una trattazione più esaustiva dell'argomento si rimanda all'*APPENDICE II: analisi dati indagine sperimentale*²¹.

Dall'analisi è apparso in modo chiaro come **gli utenti esperti abbiano sempre valutazioni più alte** sia nella descrizione delle emozioni negative che in quelle positive. Questo può significare che una conoscenza teorica dei materiali più approfondita può influire sulla percezione emotiva dei materiali stessi. L'unica emozione che ha ricevuto una valutazione uguale per i due diversi panel è la soddisfazione. L'emozione percepita con maggiore diversità è la noia: gli esperti hanno infatti considerato particolarmente noiosi gli oggetti nuovi, mentre gli utenti *naif* hanno assegnato valutazioni molto uniformi a tutti i campioni. **L'invecchiamento viene quindi percepito dai progettisti come un possibile spunto progettuale in grado di sviluppare interesse anche su oggetti parzialmente degradati.** Le variazioni cromatiche, tattili ed olfattive possono quindi diventare punti di forza di un progetto, conferendo unicità ad artefatti prodotti serialmente.

21 APPENDICE II: analisi dati indagine sperimentale, pp. 179-184.

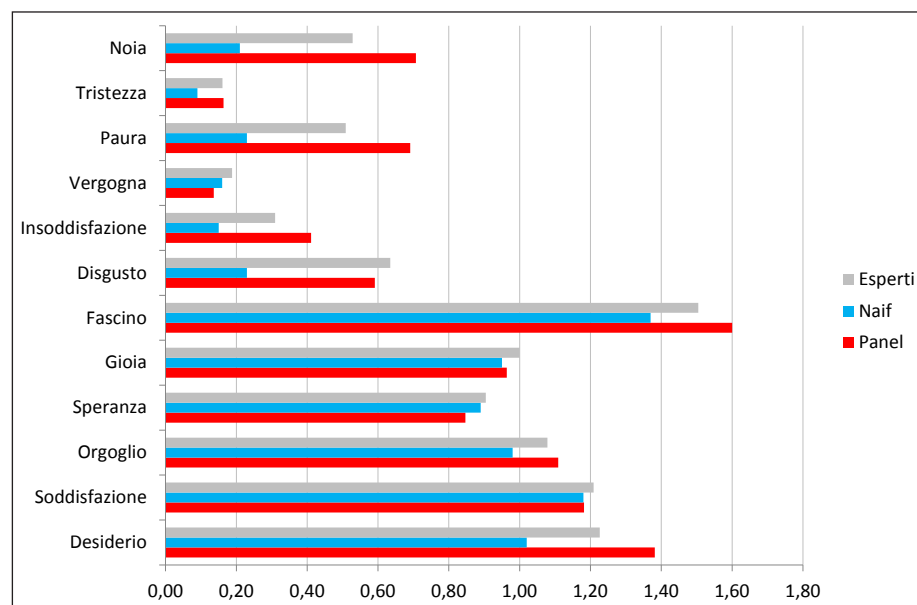


Grafico 6. Intensità delle emozioni percepite dai differenti panel (valori medi di percezione).

5.2.3.1.4 Livello 4

In questa fase sono state analizzati i risultati relativi alle coppie di materiali al fine di valutare come la percezione emotiva possa variare tra i materiali nuovi e quelli degradati. Per fare ciò è stata valutata la differenza tra i valori medi delle emozioni provate per ogni coppia di materiali in analisi, considerando come significativa ogni variazione superiore a 0,48 punti o inferiore a -0,48 punti. La soglia di significatività è stata ottenuta calcolando il valor medio delle variazioni emozionali valutate per ciascun materiale (si veda tabella 25, pp. 185). Le tabelle e i grafici relativi ai valori emozionali dei singoli materiali sono riportate nell'*APPENDICE II: analisi dati indagine sperimentale*²².

ABS

Per l'ABS solo tre emozioni, due positive e una negativa, superano la soglia di significatività, ciò indica che per questo materiale **la percezione tra oggetto nuovo ed invecchiato è abbastanza uniforme.** L'emozione che varia maggiormente di intensità è il *disgusto* che nell'oggetto invecchiato aumenta di 0.74 punti. Parallelamente abbiamo una diminuzione nella percezione delle emozioni positive quali la *soddisfazione* e l'*orgoglio*. Si può notare come generalmente le emozioni positive tendano a diminuire con l'invecchiamento del prodotto, ad eccezione della *speranza*, mentre quelle negative tendono ad aumentare.

PC

Per il PC sono otto le emozioni che superano la soglia di significatività, cinque positive e tre negative, ciò è indicativo di come la **percezione tra oggetto nuovo ed invecchiato è molto differenziata.** L'emozione che varia con maggiore intensità è il *disgusto*, che aumenta di 1.13 punti nell'oggetto invecchiato. Si noti come tutte le emozioni positive diminuiscono con l'invecchiamento del prodotto, mentre quelle negative tendono ad aumentare, ad eccezione della *noia*, che viene percepita con maggiore intensità nell'oggetto nuovo.

PET

Per il PET solo tre emozioni, due negative e una positiva, superano la soglia di significatività, ciò indica che per questo materiale **la percezione tra oggetto nuovo ed invecchiato è abbastanza uniforme.**

L'emozione che varia con maggiore intensità è il *disgusto*. È interessante notare come **l'emozione fascino aumenti di intensità nell'oggetto invecchiato**, ciò significa che l'alterazione cromatica e formale che ha subito nel processo di invecchiamento conferiscono all'oggetto un'unicità, rendendolo maggiormente attraente rispetto all'oggetto nuovo.

22 APPENDICE II: analisi dati indagine sperimentale, pp.185-189.

PMMA

Per il PMMA sono sette le emozioni che superano la soglia di significatività, quattro positive e tre negative, ciò è indicativo di come **la percezione tra oggetto nuovo ed invecchiato è molto differenziata**. Tale variazione viene infatti percepita con elevata intensità, circa un punto per ogni emozione. L'emozione che varia con maggiore intensità è il *disgusto*, che aumenta di 1.61 punti nell'oggetto invecchiato. Si nota come tutte le emozioni positive diminuiscono con l'invecchiamento del prodotto, ad eccezione del *fascino*, mentre quelle negative tendono ad aumentare, ad eccezione della *noia*, che viene percepita con maggiore intensità nell'oggetto nuovo.

PP

Per il PP solo quattro emozioni positive superano la soglia di significatività, ciò è indicativo di come **la percezione tra oggetto nuovo ed invecchiato è molto uniforme**, a causa anche del modesto degrado che presentava l'oggetto invecchiato. Si nota come tutte le emozioni positive diminuiscono con l'invecchiamento del prodotto, mentre quelle negative tendono ad aumentare. L'emozione che varia con maggiore intensità è la *gioia*.

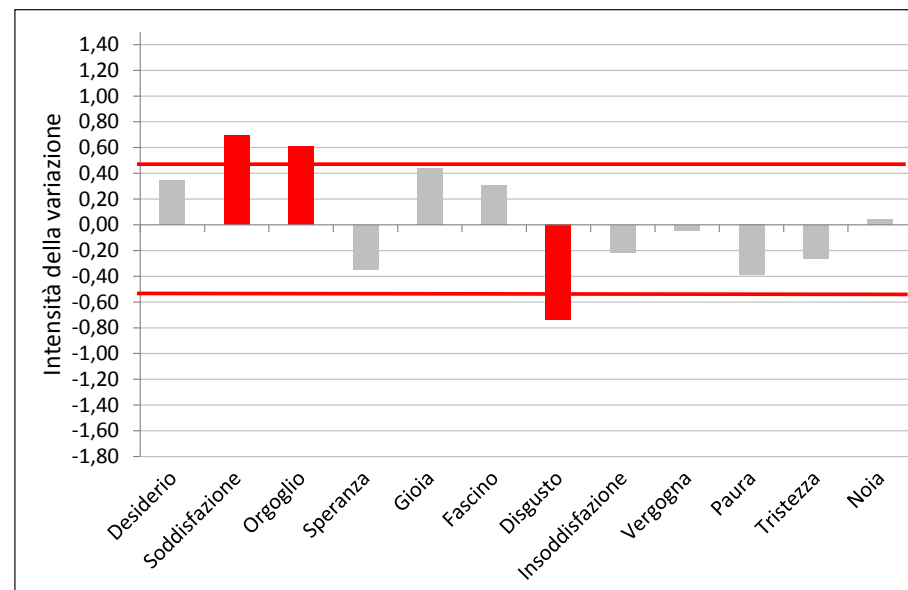


Grafico 7. Variazioni nella percezione emozionale ABS (differenza tra valore medio materiale nuovo e e valore medio materiale invecchiato). Con il colore grigio vengono identificati i valori che non superano la soglia di significatività, rappresentata dalla linea rossa.

	ABS_0	ABS_1	ABS_0 - ABS_1
Desiderio	1,17	0,83	0,35
Soddifazione	1,61	0,91	0,70
Orgoglio	1,48	0,87	0,61
Speranza	0,74	1,09	-0,35
Gioia	1,04	0,61	0,43
Fascino	1,87	1,57	0,30
Disgusto	0,22	0,96	-0,74
Insoddisfazione	0,09	0,30	-0,22
Vergogna	0,09	0,13	-0,04
Paura	0,35	0,74	-0,39
Tristezza	0,04	0,30	-0,26
Noia	0,57	0,52	0,04

Tabella 2. Variazioni nella percezione emozionale ABS (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). In giallo vengono identificati i valori che superano la soglia di significatività (>0,48; <0,48).

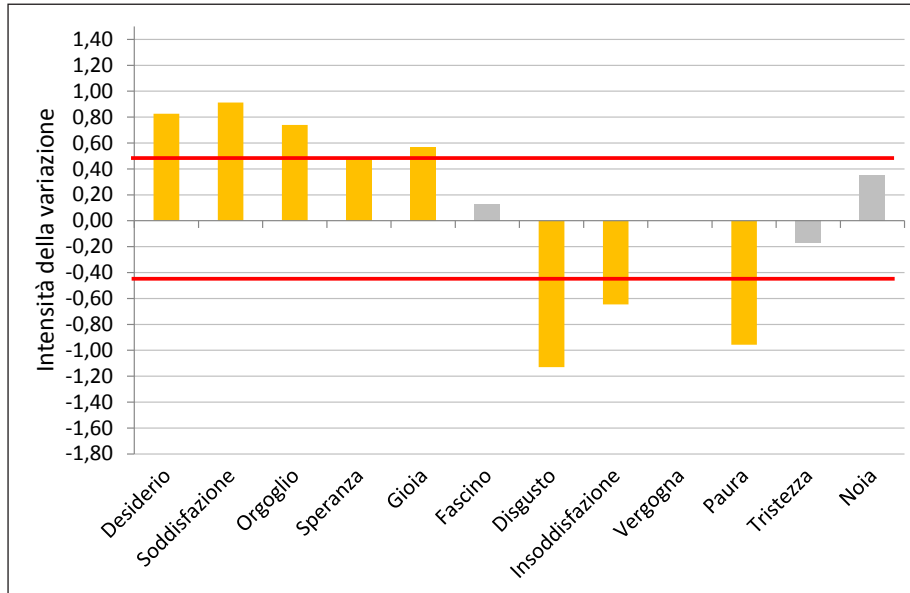


Grafico 8. Variazioni nella percezione emozionale PC (differenza tra valore medio materiale nuovo e invecchiato). Con il colore grigio vengono identificati i valori che non superano la soglia di significatività, rappresentata dalla linea rossa.

	PC_0	PC_1	PC_0 - PC_1
Desiderio	1,57	0,74	0,83
Soddisfazione	1,52	0,61	0,91
Orgoglio	1,39	0,65	0,74
Speranza	0,96	0,48	0,48
Gioia	1,22	0,65	0,57
Fascino	1,39	1,26	0,13
Disgusto	0,13	1,26	-1,13
Insoddisfazione	0,14	0,78	-0,65
Vergogna	0,13	0,13	0,00
Paura	0,17	1,13	-0,96
Tristezza	0,09	0,26	-0,17
Noia	0,83	0,48	0,35

Tabella 3. Variazioni nella percezione emozionale PC (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). In giallo vengono identificati i valori che superano la soglia di significatività (>0,48; <0,48).

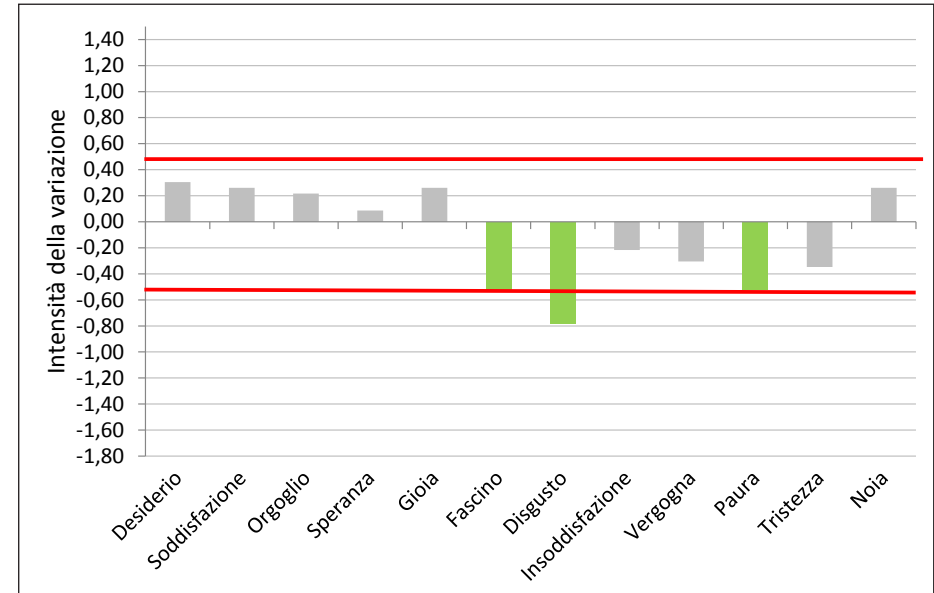


Grafico 9. Variazioni nella percezione emozionale PET (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Con il colore grigio vengono identificati i valori che non superano la soglia di significatività, rappresentata dalla linea rossa.

	PET_0	PET_1	PET_0 - PET_1
Desiderio	1,52	1,22	0,30
Soddisfazione	1,17	0,91	0,26
Orgoglio	1,00	0,78	0,22
Speranza	1,13	1,04	0,09
Gioia	1,04	0,78	0,26
Fascino	1,61	2,13	-0,52
Disgusto	0,26	1,04	-0,78
Insoddisfazione	0,13	0,35	-0,22
Vergogna	0,00	0,30	-0,30
Paura	0,26	0,78	-0,52
Tristezza	0,04	0,39	-0,35
Noia	0,61	0,35	0,26

Tabella 4. Variazioni nella percezione emozionale PET (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). In giallo vengono identificati i valori che superano la soglia di significatività (>0,48; <0,48).

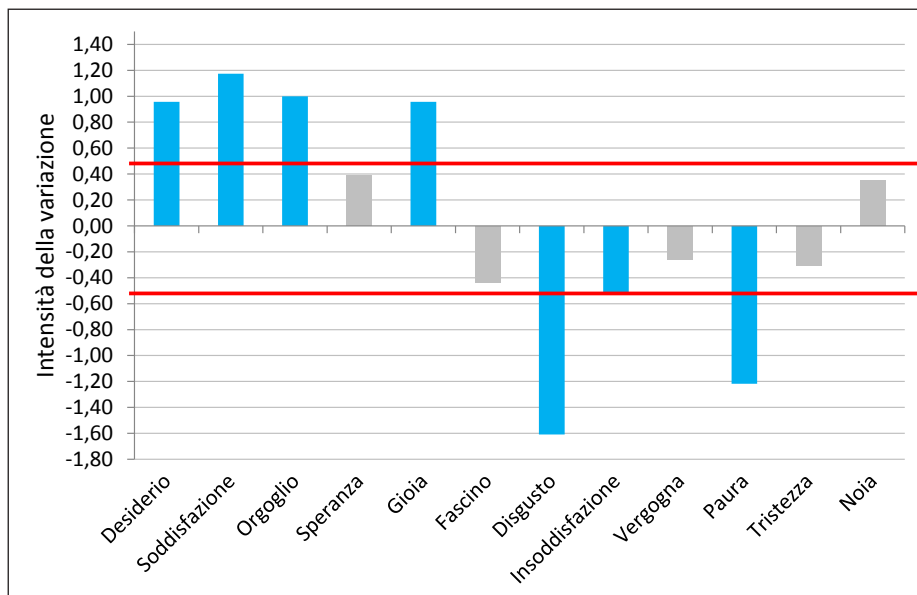


Grafico 10. Variazioni nella percezione emozionale PMMA (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Con il colore grigio vengono identificati i valori che non superano la soglia di significatività, rappresentata dalla linea rossa.

	PMMA_0	PMMA_1	PMMA_0 - PMMA_1
Desiderio	1,48	0,522	0,96
Soddisfazione	1,78	0,609	1,17
Orgoglio	1,52	0,522	1,00
Speranza	0,91	0,522	0,39
Gioia	1,48	0,522	0,96
Fascino	1,00	1,435	-0,43
Disgusto	0,17	1,783	-1,61
Insoddisfazione	0,22	0,739	-0,52
Vergogna	0,04	0,304	-0,26
Paura	0,04	1,261	-1,22
Tristezza	0,00	0,304	-0,30
Noia	0,74	0,391	0,35

Tabella 5. Variazioni nella percezione emozionale PMMA (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). In giallo vengono identificati i valori che superano la soglia di significatività (>0,48; <0,48).

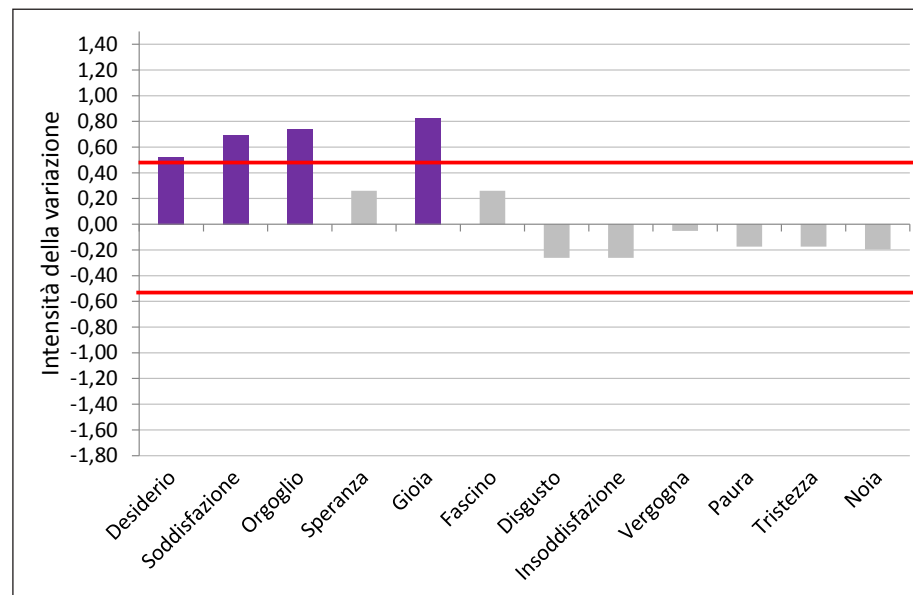


Grafico 11. Variazioni nella percezione emozionale PP (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Con il colore grigio vengono identificati i valori che non superano la soglia di significatività, rappresentata dalla linea rossa.

	PP_0	PP_1	PP_0 - PP_1
Desiderio	1,87	1,35	0,52
Soddisfazione	1,83	1,13	0,70
Orgoglio	1,65	0,91	0,74
Speranza	1,22	0,96	0,26
Gioia	1,74	0,91	0,83
Fascino	1,52	1,26	0,26
Disgusto	0,13	0,39	-0,26
Insoddisfazione	0,04	0,30	-0,26
Vergogna	0,35	0,40	-0,05
Paura	0,09	0,26	-0,17
Tristezza	0,00	0,17	-0,17
Noia	0,30	0,50	-0,20

Tabella 6. Variazioni nella percezione emozionale PP (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). In giallo vengono identificati i valori che superano la soglia di significatività (>0,48; <0,48).

5.2.3.1.4.1 CONCLUSIONI

Dall'analisi è emerso che le emozioni che maggiormente subiscono una variazione di intensità tra oggetti nuovi e degradati sono (tra parentesi i materiali per cui si presenta tale variazione):

- Soddisfazione (ABS, PC, PMMA, PP)
- Orgoglio (ABS, PC, PMMA, PP)
- Disgusto (ABS, PC, PET, PMMA)
- Gioia (PC, PMMA, PP)
- Desiderio (PC, PMMA, PP)
- Paura (PC, PET, PMMA)
- Insoddisfazione (PC, PMMA)
- Fascino (PET)
- Speranza (PC)

Le emozioni che rimangono invariate sono:

- Vergogna
- Tristezza
- Noia

Presentano quindi variazioni significative, tra materiali nuovi ed invecchiati, tutte e sei le emozioni positive e solo tre emozioni negative.

Per visualizzare le variazioni emozionali dei 5 materiali analizzati è stato generato un grafico 3D (Grafico 12), in cui le aree grigie rappresentano i valori che non superano la soglia di significatività ($\pm 0,48$), mentre picchi maggiori (di colore marrone o blu) rappresentano le emozioni in cui la percezione tra oggetto nuovo e invecchiato è variata con maggiore intensità. Tuttavia per rendere maggiormente confrontabili i dati rilevati dall'analisi emozionale e quelli dall'analisi sensoriale si è scelto di proporre una visualizzazione altimetrica²³ del grafico stesso, riportata nel grafico 13.

²³ **Altimetria.** In topografia, la determinazione dell'altezza dei punti di una zona di terreno rispetto a un livello stabilito. La rappresentazione dell'altimetria su una carta si ottiene o segnando la quota relativa a fianco di vari punti (metodo del piano quotato), o congiungendo i punti aventi la stessa quota con apposite linee (curve di livello o isoipse), o anche mediante tratteggio, lumeggiamento e, nelle carte geografiche, con fasce di diverso colore. Fonte: Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti Treccani, www.treccani.it, consultato il 01/11/12

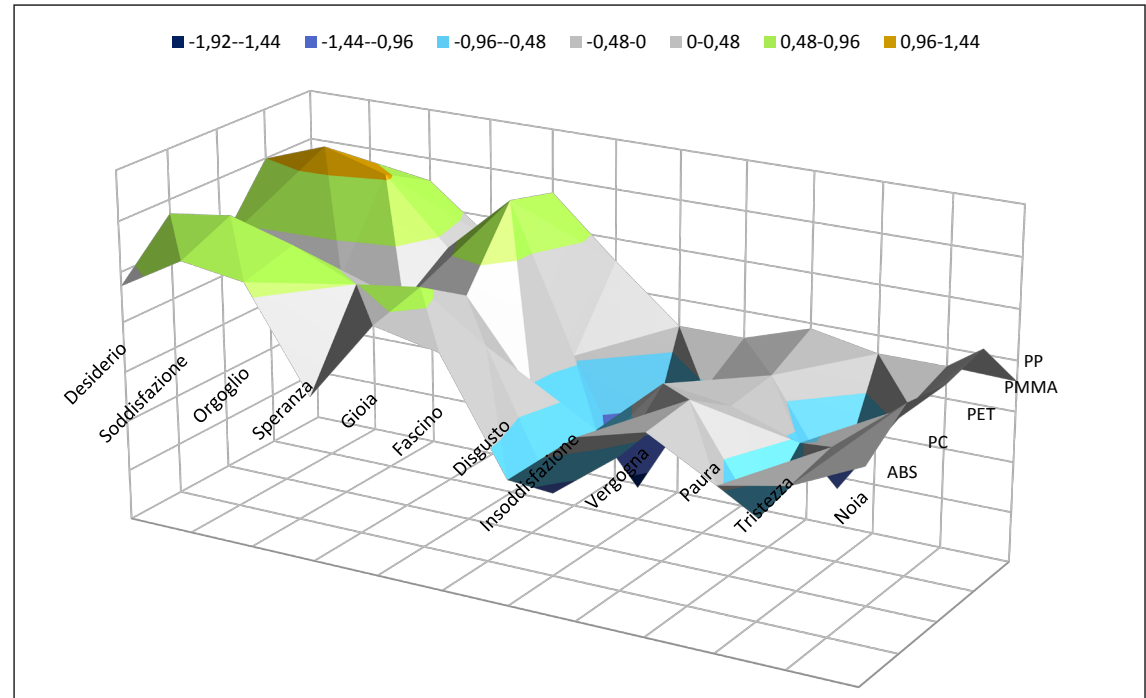


Grafico 12. Variazioni nella percezione emozionale (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Con il colore grigio vengono identificati i valori che non superano la soglia di significatività di 0,48 punti.

Scheda 1: Variazioni nella percezione emozionale test_0

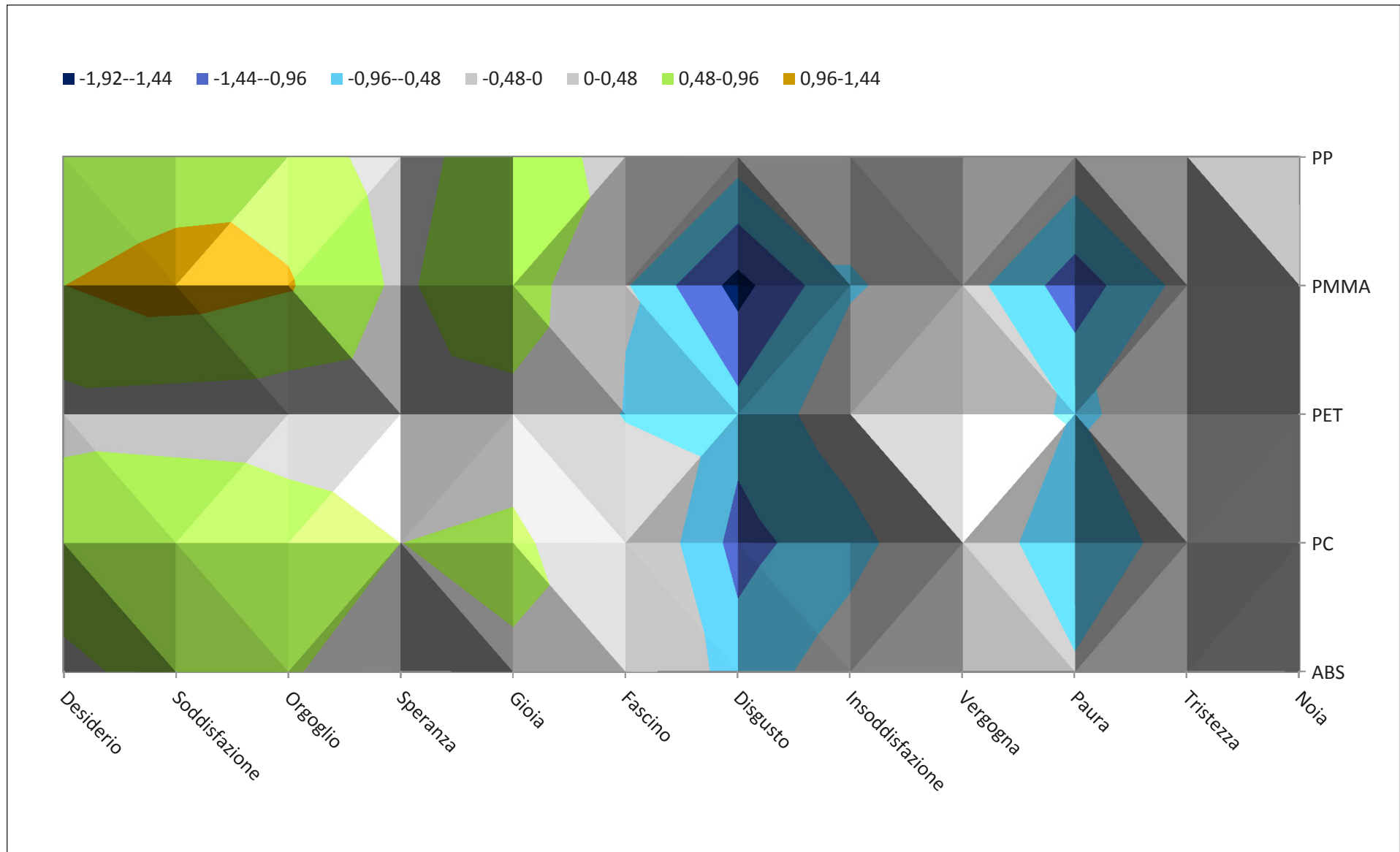


Grafico 13. Variazioni nella percezione emozionale (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Con il colore grigio vengono identificati i valori che non superano la soglia di significatività di 0,48 punti.

5.2.3.2 Valutazione della percezione sensoriale dei materiali

Scopo di questa fase è stato quello di valutare come la percezione sensoriale possa variare tra i materiali nuovi e quelli degradati. Per fare ciò è stata valutata la differenza tra i valori medi delle percezioni sensoriali provate per ogni coppia di materiali in analisi, considerando come significativa ogni variazione percettiva superiore a 0,44 punti o inferiore a -0,44 punti. La soglia di significatività pari a 0,44 punti è equivalente alla media delle variazioni percettive calcolate per ciascun materiale (Si veda tabella 39, pp. 189). Le tabelle e i grafici relativi alla percezione sensoriale dei singoli materiali sono riportate nell'APPENDICE II: *analisi dati indagine sperimentale*²⁴.

ABS

Per l'ABS quattro percezioni sensoriali superano la soglia di significatività, una legata all'aspetto tattile, due all'aspetto fotometrico ed una a quello olfattivo, ciò indica che per questo materiale **la percezione tra oggetto nuovo ed invecchiato è abbastanza uniforme.**

La percezione che varia con maggiore intensità è la *saturazione*. L'oggetto invecchiato viene percepito come maggiormente *liscio, sbiadito, lucido ed odoroso* rispetto al suo corrispettivo nuovo.

PC

Per il PC cinque percezioni sensoriali superano la soglia di significatività, una legata all'aspetto tattile e quattro legate a quello fotometrico, ciò indica che per questo materiale **la percezione tra oggetto nuovo ed invecchiato è abbastanza differenziata.** È interessante notare come tutte e quattro le percezioni legate all'organo sensoriale della vista vengano considerate significativamente variate tra i due oggetti.

La percezione che varia con maggiore intensità è la *rugosità*. L'oggetto invecchiato viene percepito come maggiormente *rugoso, opaco, satinato, non riflettente e sbiadito* rispetto al suo corrispettivo nuovo.

PET

Per il PET cinque percezioni sensoriali superano la soglia di significatività, una legata all'aspetto tattile e quattro legate a quello fotometrico, ciò indica che per questo materiale **la percezione tra oggetto nuovo ed invecchiato è abbastanza differenziata.** È interessante notare come tutte e quattro le percezioni legate all'organo sensoriale della vista vengano considerate significativamente variate tra i due oggetti.

La percezione che varia con maggiore intensità è la *saturazione*. L'oggetto invecchiato viene percepito come maggiormente *rugoso, opaco, satinato, non riflettente e sbiadito* rispetto al suo corrispettivo nuovo.

PMMA

Per il PMMA cinque percezioni sensoriali superano la soglia di significatività, una legata all'aspetto tattile e quattro legate a quello fotometrico, ciò indica che per questo materiale **la percezione tra oggetto nuovo ed invecchiato è abbastanza differenziata.** È interessante notare come tutte e quattro le percezioni legate all'organo sensoriale della vista vengano considerate significativamente variate tra i due oggetti.

La percezione che varia con maggiore intensità è la *lucentezza*. L'oggetto invecchiato viene percepito come maggiormente *rugoso, opaco, satinato, non riflettente e sbiadito* rispetto al suo corrispettivo nuovo.

PP

Per il PP solo un parametro sensoriale supera la soglia di significatività: la *saturazione*, questo perché nel campione non erano visibili segni importanti di invecchiamento. L'oggetto invecchiato viene percepito come maggiormente *sbiadito*.

²⁴ APPENDICE II: *analisi dati indagine sperimentale*, pp.190-194.

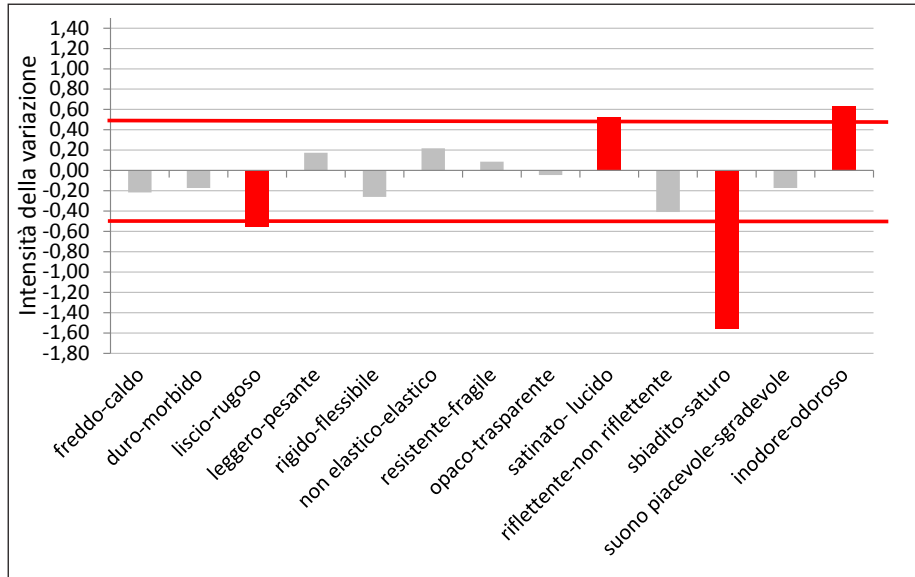


Grafico 14. Variazioni nella percezione sensoriale ABS (differenza tra valore medio materiale nuovo e invecchiato). Con il colore grigio vengono identificati i valori che non superano la soglia di significatività, rappresentata dalla linea rossa.

	ABS_0	ABS_1	ABS_0 - ABS_1
Freddo-caldo	2,13	2,35	- 0,22
Duro-morbido	3,17	3,35	- 0,17
Liscio-rugoso	2,30	2,86	- 0,56
Leggero-pesante	3,61	3,43	0,17
Rigido-flessibile	3,48	3,74	-0,26
Non elastico-elastico	3,78	3,57	0,22
Resistente-fragile	2,52	2,43	0,09
Opaco-trasparente	3,77	3,82	- 0,05
Satinato- lucido	3,30	2,78	0,52
Riflettente-non riflettente	1,05	1,45	- 0,41
Sbiadito-saturo	1,04	2,61	-1,57
Suono piacevole-sgradevole	2,26	2,43	-0,17
Inodore-odoroso	3,45	2,82	0,64

Tabella 7. Variazioni nella percezione sensoriale ABS (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). In giallo vengono identificati i valori che superano la soglia di significatività (>0,44; <0,44).

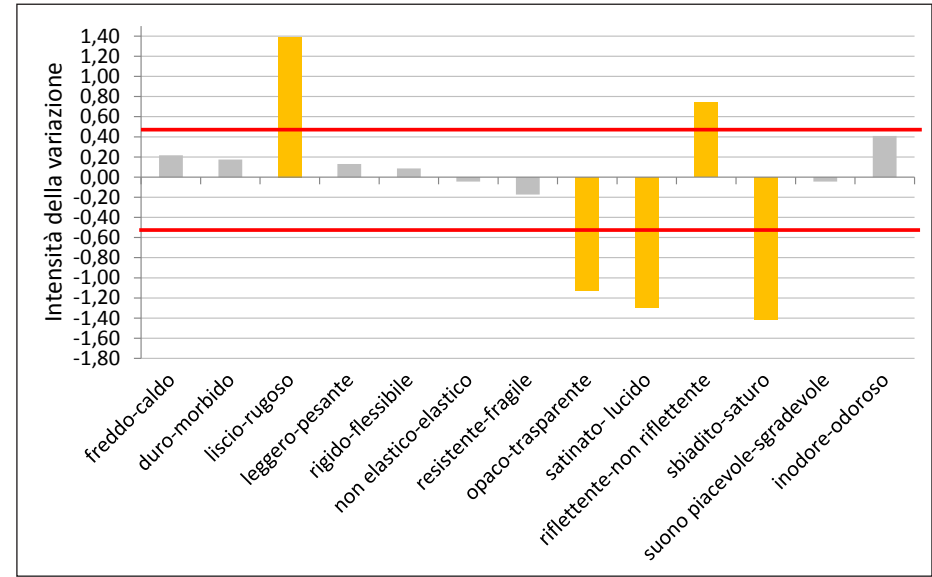


Grafico 15. Variazioni nella percezione sensoriale PC (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Con il colore grigio vengono identificati i valori che non superano la soglia di significatività, rappresentata dalla linea rossa.

	PC_0	PC_1	PC_0 - PC_1
Freddo-caldo	2,35	2,13	0,22
Duro-morbido	3,65	3,48	0,17
Liscio-rugoso	3,96	2,57	1,39
Leggero-pesante	2,13	2,00	0,13
Rigido-flessibile	3,00	2,91	0,09
Non elastico-elastico	3,61	3,65	-0,04
Resistente-fragile	2,61	2,78	-0,17
Opaco-trasparente	0,13	1,26	-1,13
Satinato- lucido	0,48	1,77	-1,29
Riflettente-non riflettente	2,65	1,91	0,74
Sbiadito-saturo	1,68	3,10	- 1,41
Suono piacevole-sgradevole	2,13	2,17	-0,04
Inodore-odoroso	3,09	2,68	0,41

Tabella 8. Variazioni nella percezione sensoriale PC (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). In giallo vengono identificati i valori che superano la soglia di significatività (>0,44; <0,44).

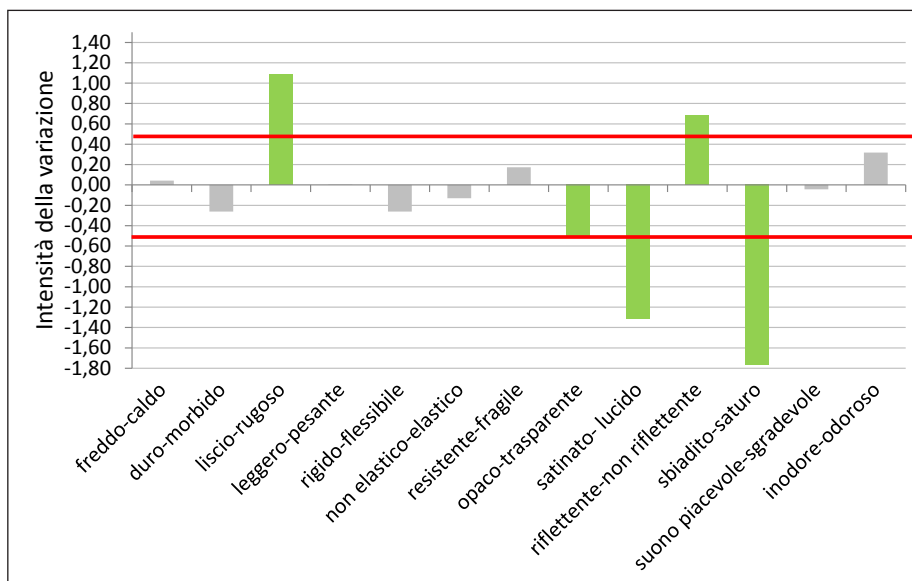


Grafico 16. Variazioni nella percezione sensoriale PET (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Con il colore grigio vengono identificati i valori che non superano la soglia di significatività, rappresentata dalla linea rossa.

	PET_0	PET_1	PET_0 - PET_1
Freddo-caldo	2,17	2,13	0,04
Duro-morbido	3,00	3,26	-0,26
Liscio-rugoso	3,91	2,83	1,09
Leggero-pesante	2,91	2,91	0,00
Rigido-flessibile	2,65	2,91	-0,26
Non elastico-elastico	3,26	3,39	-0,13
Resistente-fragile	3,04	2,87	0,17
Opaco-trasparente	2,39	2,91	-0,52
Satinato- lucido	0,73	2,04	-1,32
Riflettente-non riflettente	2,68	2,00	0,68
Sbiadito-saturo	1,10	2,86	-1,77
Suono piacevole-sgradevole	2,26	2,30	-0,04
Inodore-odoroso	2,77	2,45	0,32

Tabella 9. Variazioni nella percezione sensoriale PET (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). In giallo vengono identificati i valori che superano la soglia di significatività (>0,44; <0,44).

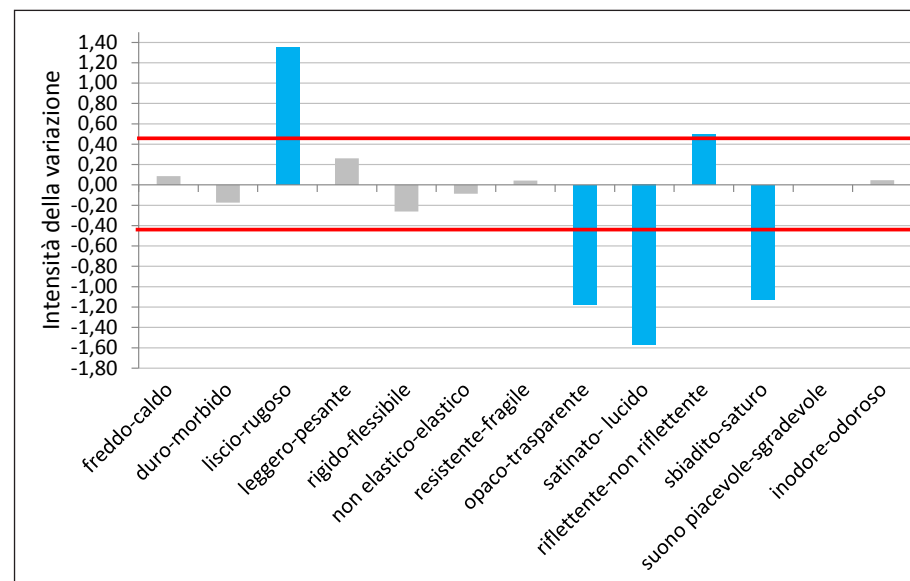


Grafico 17. Variazioni nella percezione sensoriale PMMA (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Con il colore grigio vengono identificati i valori che non superano la soglia di significatività, rappresentata dalla linea rossa.

	PMMA_0	PMMA_1	PMMA_0 - PMMA_1
Freddo-caldo	2,30	2,22	0,09
Duro-morbido	3,30	3,48	-0,17
Liscio-rugoso	3,87	2,52	1,35
Leggero-pesante	3,78	3,52	0,26
Rigido-flessibile	3,26	3,52	-0,26
Non elastico-elastico	3,70	3,78	-0,09
Resistente-fragile	2,48	2,43	0,04
Opaco-trasparente	0,17	1,35	-1,17
Satinato- lucido	0,33	1,90	-1,57
Riflettente-non riflettente	2,41	1,91	0,50
Sbiadito-saturo	1,60	2,73	-1,13
Suono piacevole-sgradevole	2,35	2,35	0,00
Inodore-odoroso	2,55	2,50	0,05

Tabella 10. Variazioni nella percezione sensoriale PMMA (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). In giallo vengono identificati i valori che superano la soglia di significatività (>0,44; <0,44).

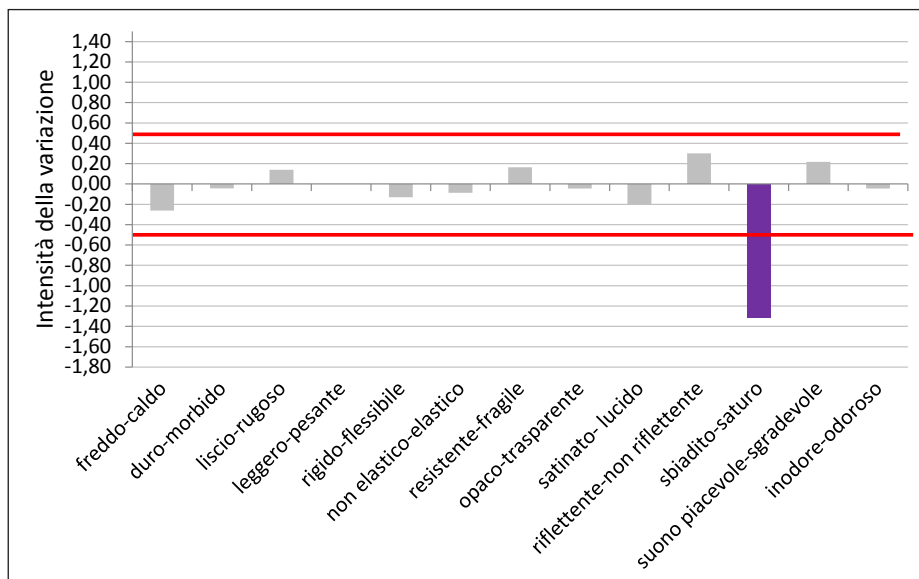


Grafico 18. Variazioni nella percezione sensoriale PP (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Con il colore grigio vengono identificati i valori che non superano la soglia di significatività, rappresentata dalla linea rossa.

	PP_0	PP_1	PP_0 – PP_1
Freddo-caldo	1,83	2,09	-0,26
Duro-morbido	2,30	2,35	-0,04
Liscio-rugoso	1,23	1,09	0,14
Leggero-pesante	3,70	3,70	0,00
Rigido-flessibile	2,22	2,35	-0,13
Non elastico-elastico	2,78	2,87	-0,09
Resistente-fragile	3,39	3,23	0,16
Opaco-trasparente	3,86	3,91	-0,05
Satinato- lucido	3,24	3,43	-0,20
Riflettente-non riflettente	0,91	0,61	0,30
Sbiadito-saturo	0,10	1,41	-1,31
Suono piacevole-sgradevole	2,52	2,30	0,22
Inodore-odoroso	2,59	2,64	-0,05

Tabella 11. Variazioni nella percezione sensoriale PP (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). In giallo vengono identificati i valori che superano la soglia di significatività (>0,44 ; <0,44).

5.2.3.2.1 CONCLUSIONI

Dall'analisi dei dati è emerso che i fattori che presentano una variazione maggiore nel confronto tra materiali invecchiato e nuovo sono (tra parentesi i materiali a cui sono riferiti):

- sbiadito-saturo (ABS, PC, PET, PMMA, PP)
- liscio-rugoso (ABS, PC, PET, PMMA)
- satinato- lucido (ABS, PC, PET, PMMA)
- riflettente-non riflettente (PC, PET, PMMA)
- opaco-trasparente (PC, PET, PMMA)
- inodore-odoroso (ABS)

I fattori che invece restano invariati sono:

- freddo-caldo
- duro-morbido
- leggero-pesante
- rigido-flessibile
- non elastico-elastico
- resistente-fragile
- suono piacevole-sgradevole

Tra materiali nuovi ed invecchiati variano quindi tutte e quattro le proprietà legate all'aspetto fotometrico, (*trasparenza, lucentezza, riflettività e saturazione*), una sola proprietà legata all'aspetto tattile (*rugosità*) ed una legata all'aspetto olfattivo (*odore*). Sono rimaste invariate sei delle sette proprietà legate all'aspetto tattile, mentre nessuna proprietà legata ad aspetti uditivi è variata.

Scheda 2: Variazioni nella percezione sensoriale test_0

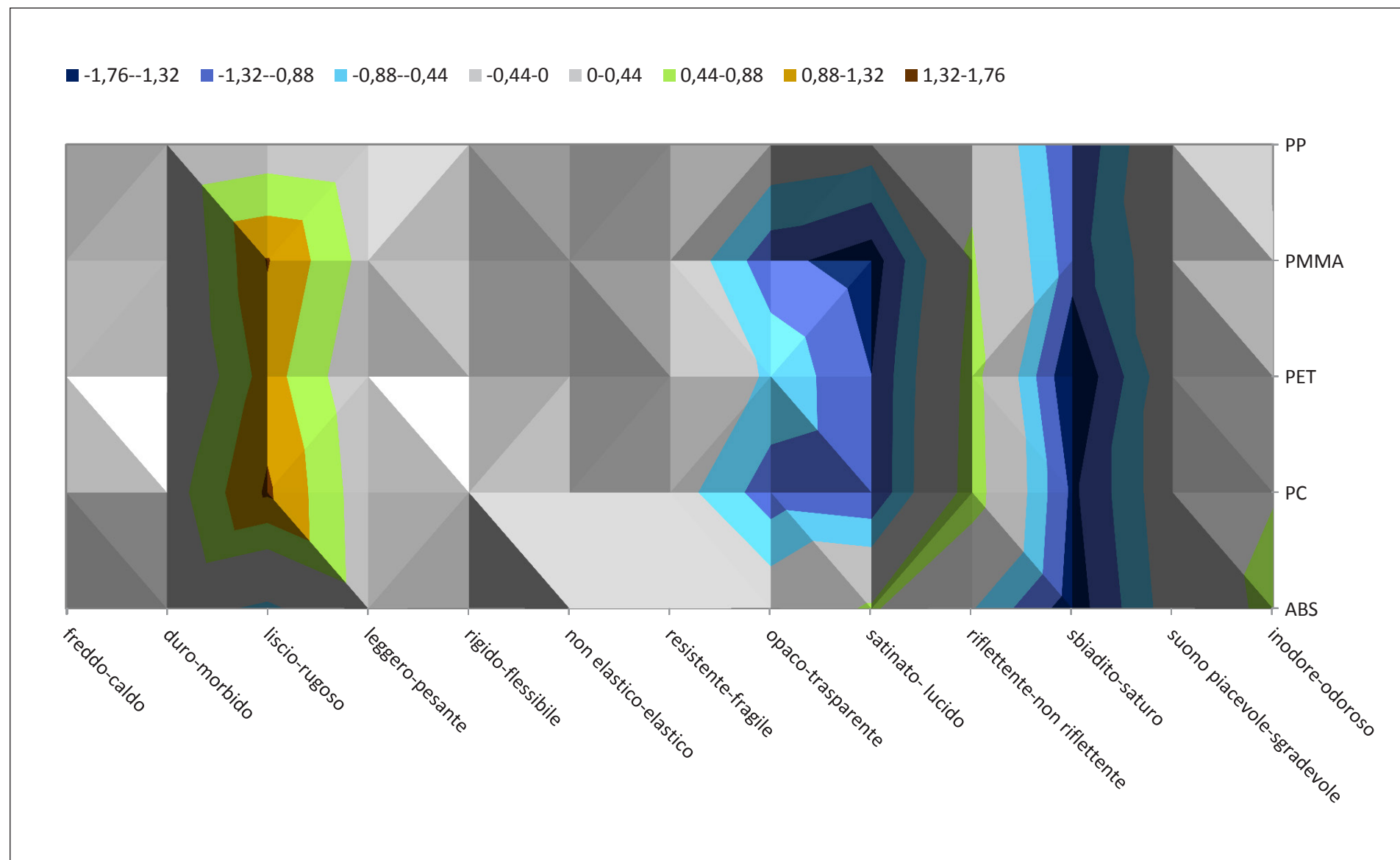


Grafico 19. Variazioni nella percezione sensoriale (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Con il colore grigio vengono identificati i valori che non superano la soglia di significatività di 0,48 punti.

5.2.3.3 Correlazioni tra variazioni percettive ed emozionali

Dall'analisi dei dati è emerso che ad ogni variazione emozionale, tra le coppie di materiali analizzati, corrispondeva una variazione della percezione sensoriale.

Scopo di questa fase è identificare a quali variazioni sensoriali, (analizzate nel paragrafo 5.2.3.1), possono essere relazionate le variazioni emozionali (analizzate nel paragrafo 5.2.3.2). Per fare ciò ad ogni emozione che ha subito variazione, per specifico materiale, sono stati correlati i parametri sensoriali che ugualmente presentavano una variazione per lo stesso materiale.

Ad esempio l'emozione fascino, che ha subito una variazione percettiva per il materiale PET, è stata correlata con tutti i parametri sensoriali che in questo materiale variavano e cioè *sbiadito-saturo, liscio-rugoso, satinato- lucido, riflettente-non riflettente, opaco-trasparente*.

Si è quindi formata una matrice sulle cui ascisse troviamo le emozioni che sono maggiormente variate e sulle ordinate i parametri sensoriali ad esse correlati. In questo caso, come vedremo i risultati sono svincolati dal materiale specifico (che non è più presente) e quindi non vengono più valutati parametri e sensazioni riferiti ai singoli campioni, ma all'intera famiglia dei materiali polimerici.

L'analisi dei dati ottenuti è stata svolta su due differenti livelli: nel livello 1 sono state analizzate le singole emozioni per scoprire a quali parametri sensoriali potessero essere associate le loro variazioni percettive i (i risultati completi di tale analisi sono

riportati nell'*APPENDICE II: analisi dati indagine sperimentale*²⁵), nel secondo livello sono stati invece analizzati i parametri sensoriali (suddividendoli in aspetto tattile, aspetto fotometrico e aspetto olfattivo) per esaminare come la loro variazione influenza una variazione emozionale. Nel primo livello otteniamo un'informazione rispetto all'emozione, questo dato potrebbe risultare utile ad un designer che può comprendere quali parametri sensoriali possono essere modificati per stimolare una determinata emozione. Nel secondo livello viceversa partendo dal parametro sensoriale che si desidera valorizzare il progettista può comprendere a quali variazioni emozionali esso può essere maggiormente correlato.

5.2.3.3.1 Livello 1

Emozioni positive

Il **parametro sensoriale che influenza maggiormente la variazione di emozioni positive è la saturazione cromatica**. Secondariamente a tali variazioni vengono correlate modifiche della *rugosità superficiale* e della *lucentezza* del manufatto.

È importante ricordare che la variazione espressa **non rappresenta un giudizio positivo o negativo, ma una correlazione tra i parametri**. Per esempio nel caso del *desiderio* sappiamo che c'è una correlazione forte con il parametro *sbiadito-saturo* ma dal

25 APPENDICE II: analisi dati indagine sperimentale, pp.195-198.

	Desiderio	Soddisfazione	Orgoglio	Speranza	Gioia	Fascino	Disgusto	Insoddisfazione	Vergogna	Paura	Tristezza	Noia	Somma
Freddo-caldo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Duro-morbido	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Liscio-rugoso	2	3	3	1	2	1	4	2	0	3	0	0	21
Leggero-pesante	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rigido-flessibile	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Non elastico-elastico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Resistente-fragile	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Opaco-trasparente	2	2	2	1	2	1	3	2	0	3	0	0	18
Satinato- lucido	2	3	3	1	2	1	4	2	0	3	0	0	21
Riflettente-non riflettente	2	2	2	1	2	1	3	2	0	3	0	0	18
Sbiadito-saturo	4	4	4	1	3	1	4	2	0	3	0	0	26
Suono piacevole-sgradevole	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inodore-odoroso	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4
Somma	13	15	15	5	11	5	19	10	0	15	0	0	

Tabella 12. Correlazione tra variazione emozionale e parametri sensoriali.

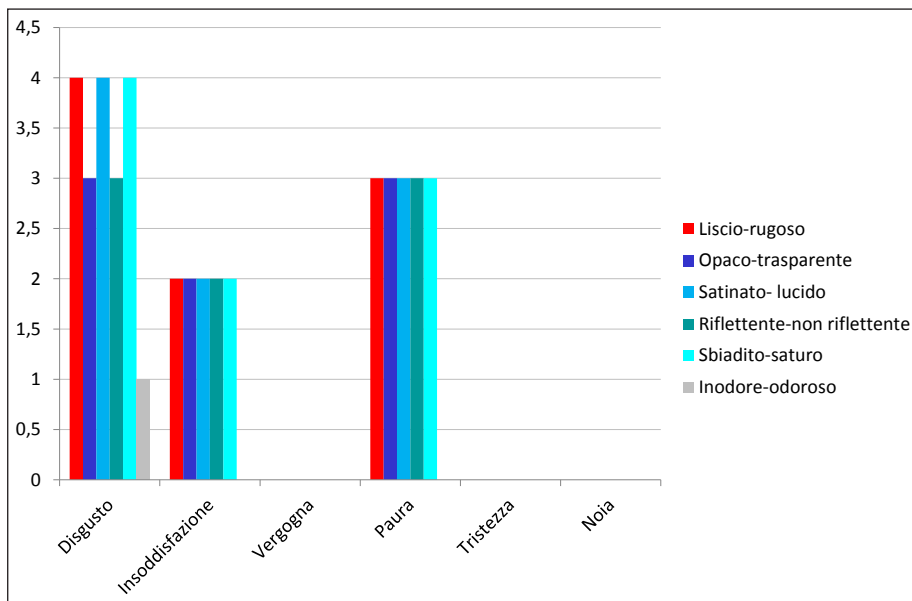
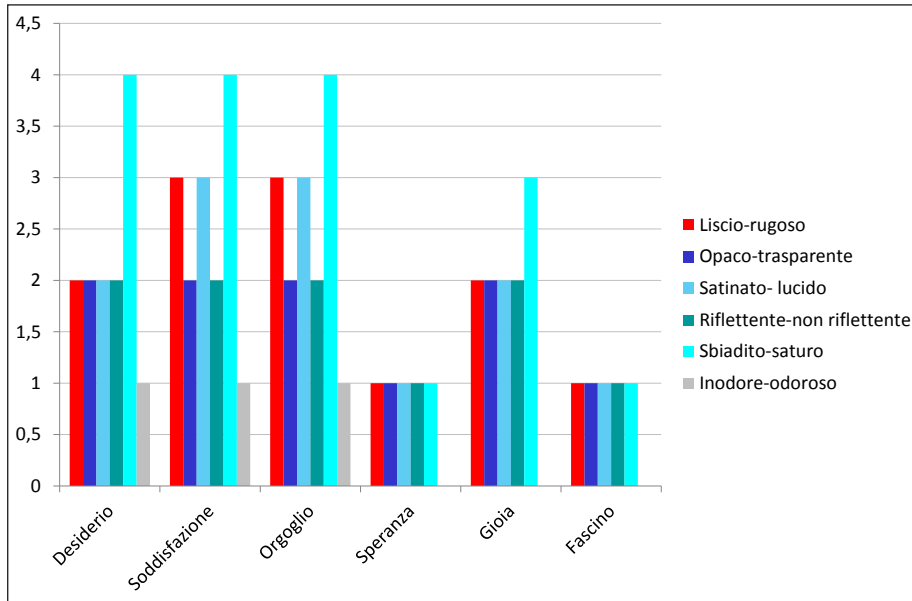


grafico 20 non possiamo capire se il *desiderio* aumenti o diminuisca né se lo faccia per un oggetto più sbiadito o più saturo. Per la lettura di tali dati dobbiamo rifarci ai grafici presentati nei precedenti paragrafi²⁶, che presentano in dettaglio quali emozioni e parametri variano in funzione dell'invecchiamento e con quale intensità.

Emozioni negative

I parametri maggiormente associati alle variazioni di emozioni negative sono *saturazione*, *lucentezza* e *rugosità del manufatto*, i primi relativi ad aspetti fotometrici mentre il secondo ad aspetti tattili. Il parametro della percezione olfattiva viene correlato unicamente al *disgusto*.

In questo modo un designer che voglia stimolare emozioni positive dovrà giocare, a livello materico e di progetto, su parametri quali *saturazione* o *lucentezza*, una loro variazione dovuta al passaggio del tempo provocherà infatti una decisa modifica dell'attaccamento emotivo tra oggetto e utente.

5.2.3.3.2 Livello 2

Aspetto tattile

Dal grafico emerge come l'emozione maggiormente influenzata dalla variazione di *rugosità* sia il *disgusto*.

Secondariamente vengono influenzate *soddisfazione*, *orgoglio* e *paura*. Il *fascino* risulta come l'emozione minormente collegabile alla variazione di aspetti tattili.

Aspetto fotometrico

L'aspetto fotometrico che influenza maggiormente la variazione emotiva è la *saturazione cromatica*, in particolare per le emozioni *desiderio*, *soddisfazione*, *gioia* e *disgusto*. Altro aspetto importante è la variazione di *lucentezza*, responsabile della variazione emotiva di *disgusto*, *soddisfazione* e *gioia*.

Aspetto olfattivo

La variazione di profumazione dei materiali invecchiati non risulta particolarmente importante ai fini di una valutazione emotiva, le uniche sensazioni a cui può essere collegata sono infatti *desiderio*, *soddisfazione*, *orgoglio* e *disgusto*.

²⁶ Valutazione della variazione emozionale, grafico 13, pp. 108; Valutazione della percezione sensoriale, grafico 19, pp. 113.

Grafico 20. Correlazione tra variazione delle emozioni positive e parametri percettivi. Con i colori caldi sono rappresentati i parametri tattili, con i colori freddi quelli visivi e in grigio quelli olfattivi.

Grafico 21. Correlazione tra variazione delle emozioni negative e parametri percettivi. Con i colori caldi sono rappresentati i parametri tattili, con i colori freddi quelli visivi e in grigio quelli olfattivi.

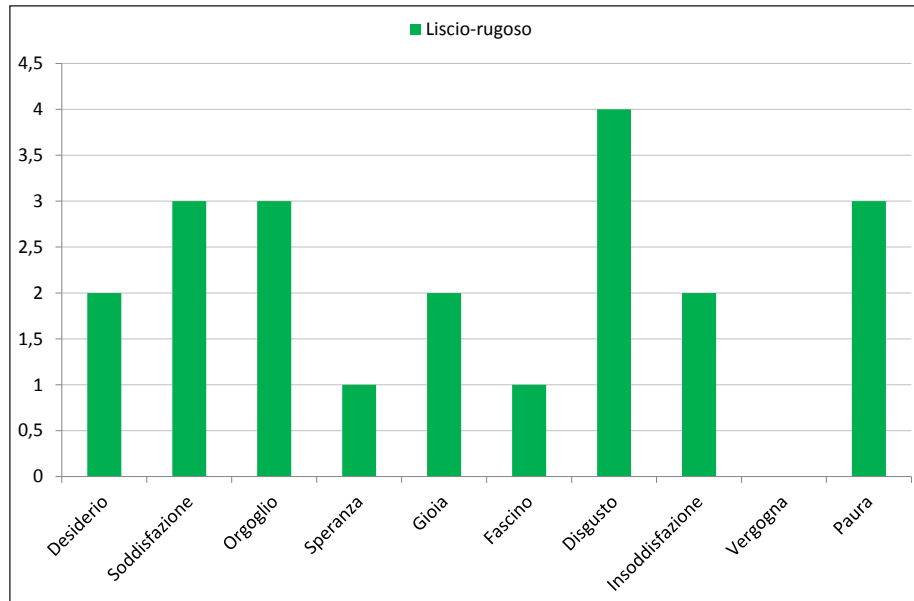


Grafico 22. Correlazione tra variazione degli aspetti tattili ed emozioni.

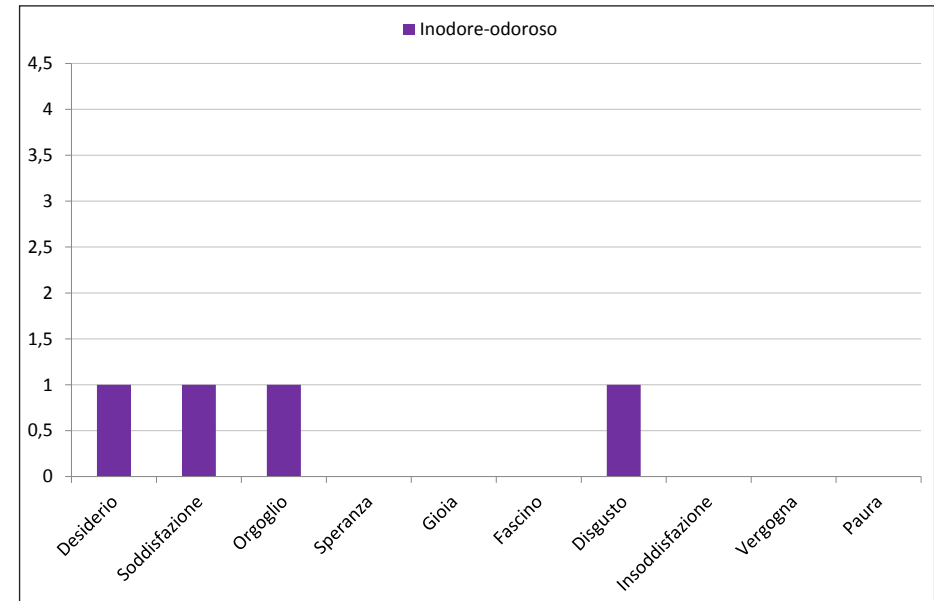


Grafico 24. Correlazione tra variazione degli aspetti olfattivi ed emozioni.

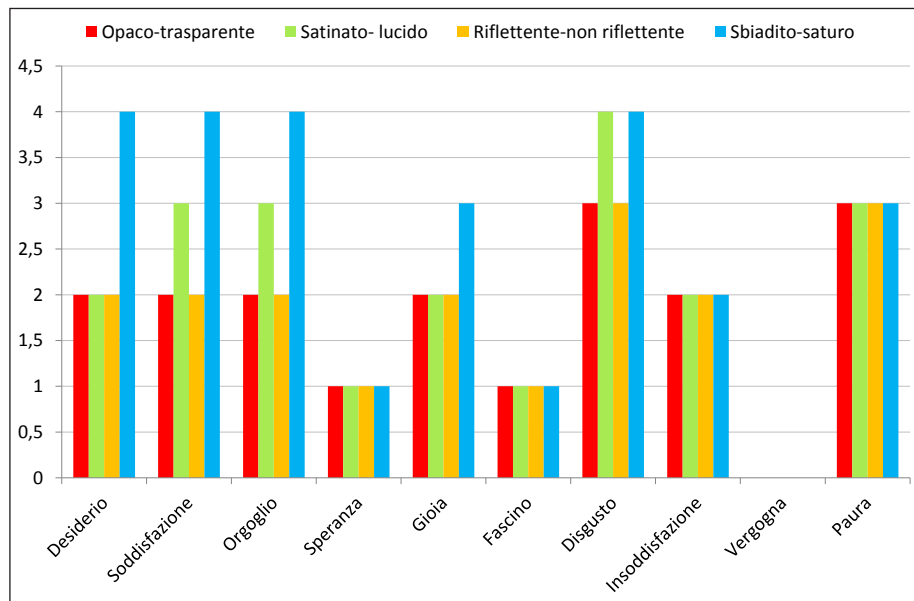


Grafico 23. Correlazione tra variazione degli aspetti fotometrici ed emozioni.

5.2.3.3 CONCLUSIONI

Nella famiglia di materiali analizzati è il *disgusto* l'emozione che ha il più alto livello di dipendenza dai parametri sensoriali, seguito, in ordine di importanza, da *soddisfazione*, *orgoglio*, *paura*, *desiderio*, *gioia*, *insoddisfazione*, *fascino* e *speranza*. Passando dall'una all'altra categoria, la dipendenza dai parametri sensoriali diminuisce così come la loro stimolazione.

Nella lettura dei risultati è importante ricordare però che l'emozione non dipende solo dalla sensorialità ma anche da altri fattori: forma, colore, funzione, condizioni di somministrazione del test, etc. Tutti questi fattori possono, di volta in volta, condizionare la percezione del materiale.

Proprio col fine di diminuire al massimo l'influenza di tali fattori rispetto alla percezione da parte dell'utente di è deciso di effettuare un secondo test, eseguito su semplici campioni di materiale, in cui la componente formale, funzionale e cromatica risulterà quanto più possibile limitata.

Aspetti tattili, fotometrici, sonori e olfattivi rappresentano degli stimoli attraverso i quali si possono ricavare informazioni sull'oggetto esaminato, fare delle esperienze e successivamente elaborare un giudizio, secondo un preciso percorso fisiologico che

può essere sintetizzato in: stimolo-sensazione-giudizio-emozione²⁷.

Il test_0 ha permesso di confermare come la *vista* si collochi al primo posto degli stimoli sensoriali, in termini di predominanza nel processo di valutazione emotiva di prodotti con differenti gradi di invecchiamento. Tra i sei parametri sensoriali considerati significativi infatti ben quattro erano collegabili ad aspetti fotometrici quali saturazione cromatica, lucentezza, riflettività e opacità. L'unico aspetto tattile considerato è stata la rugosità. Questi risultati confermano come la percezione visiva sia la prima fonte di valutazione dell'universo che ci circonda.²⁸

I risultati sono in particolare accordo con la ricerca condotta da Shifferstein²⁹ rispetto a 45 prodotti industriali, in cui grazie allo sviluppo di alcuni test, ha dimostrato come la valutazione sensoriale di prodotti avvenga inizialmente tramite la vista, seguita dal tatto, dall'olfatto, dall'udito e dal gusto.

La vista può essere indicata come la modalità sensoriale dominante poiché la maggior parte delle esperienze sensoriali coinvolgono in primo luogo la visione, attraverso la vista è infatti possibile riconoscere colori, forme e dimensioni. Si tratta tuttavia di una modalità di apprendimento passiva, a differenza del tatto, che invece presuppone il coinvolgimento attivo dell'utente. L'esperienza tattile si caratterizza per il contatto, il tocco, passa dunque per una scelta consapevole da parte dell'utente, mentre la vista passa per il distacco e l'osservazione. Le proprietà tattili hanno inoltre la capacità di conservare nel tempo il legame emotivo generato, mentre le percezioni visive, legate ad aspetti formali, tendono a svanire nel tempo.

Nella progettazione di oggetti che sappiano resistere al passare del tempo risulta quindi fondamentale considerare fin dalla fase progettuale come tali parametri cambieranno e quali variazioni emozionali andranno a veicolare.

Il grafico 25, generato dalla tabella 12, rappresenta le correlazioni tra variazioni percettive e sensoriali, ma a differenza dei precedenti grafici 3D le variazioni sono rap-

presentate in valore assoluto. Inoltre nel grafico la percezione non è più associata al singolo materiale ma viene generalizzata su tutta la classe di materiali in analisi. Il grafico può essere utilizzato come strumento per il designer che vuole progettare **oggetti collocati nel tempo, e non più nel semplice "qui ed ora"**. Viene ora proposto un esempio applicativo per esplicitarne le modalità di fruizione.

Un designer vuole progettare un oggetto con una vita utile di n anni, osservando il grafico 25 valuta quali sono i parametri emozionali e sensoriali che variano maggiormente a seguito dell'invecchiamento materico. Seleziona nella mappa un punto di interesse, per esempio in corrispondenza del picco di intensità tra l'emozione disgusto e la variazione di percezione visiva sbiadito-saturo. A questo punto riprendendo i grafici 13³⁰ e 19³¹ legati alla percezione emozionale e sensoriale dei singoli materiali, il progettista può scegliere il materiale che minimizzi tale variazione oppure, se ha già effettuato in precedenza la selezione del materiale, può comprendere come i segni del tempo sul materiale influenzeranno la percezione dell'utente.

30 Variazioni nella percezione emozionale, pp. 108.

31 Variazioni nella percezione sensoriale, pp. 113.

27 Gussoni M. , Monticelli G. , Vezzoli A., (2006), *Dallo stimolo alla sensazione, fisiologia degli organi di senso*, Casa Editrice Ambrosiana, Milano.

28 Miller, E. A., (1972), *Interaction of vision and touch in conflict and nonconflict form perception tasks*, Journal of Experimental Psychology, vol. 96, pp. 114–123.

29 Nello studio svolto gli intervistati dovevano segnalare l'importanza dei cinque sensi (vista, udito, tatto, gusto e olfatto) durante l'uso di 45 prodotti diversi. I partecipanti dovevano valutare i prodotti su cinque scale, una per ogni senso coinvolto, con un fattore di 0-5 punti (1 = importante, 2 = senza importanza, 3 = poco importante, 4 = importante, 5 = molto importante). I dati sono stati testati in un'analisi a misure ripetute della varianza (ANOVA). Le valutazioni sono risultate molto differenziate a seconda degli oggetti testati tuttavia è emerso chiaramente come la vista sia la modalità più importante per le valutazioni sensoriali dei prodotti, seguita da tatto, olfatto, udito e gusto.

Schifferstein H.N.J., (2005), *The perceived importance of sensory modalities in product usage: A study of self-reports*, Elsevier B.V .

Scheda 3: Correlazione tra variazione emozionale e parametri sensoriali test_0

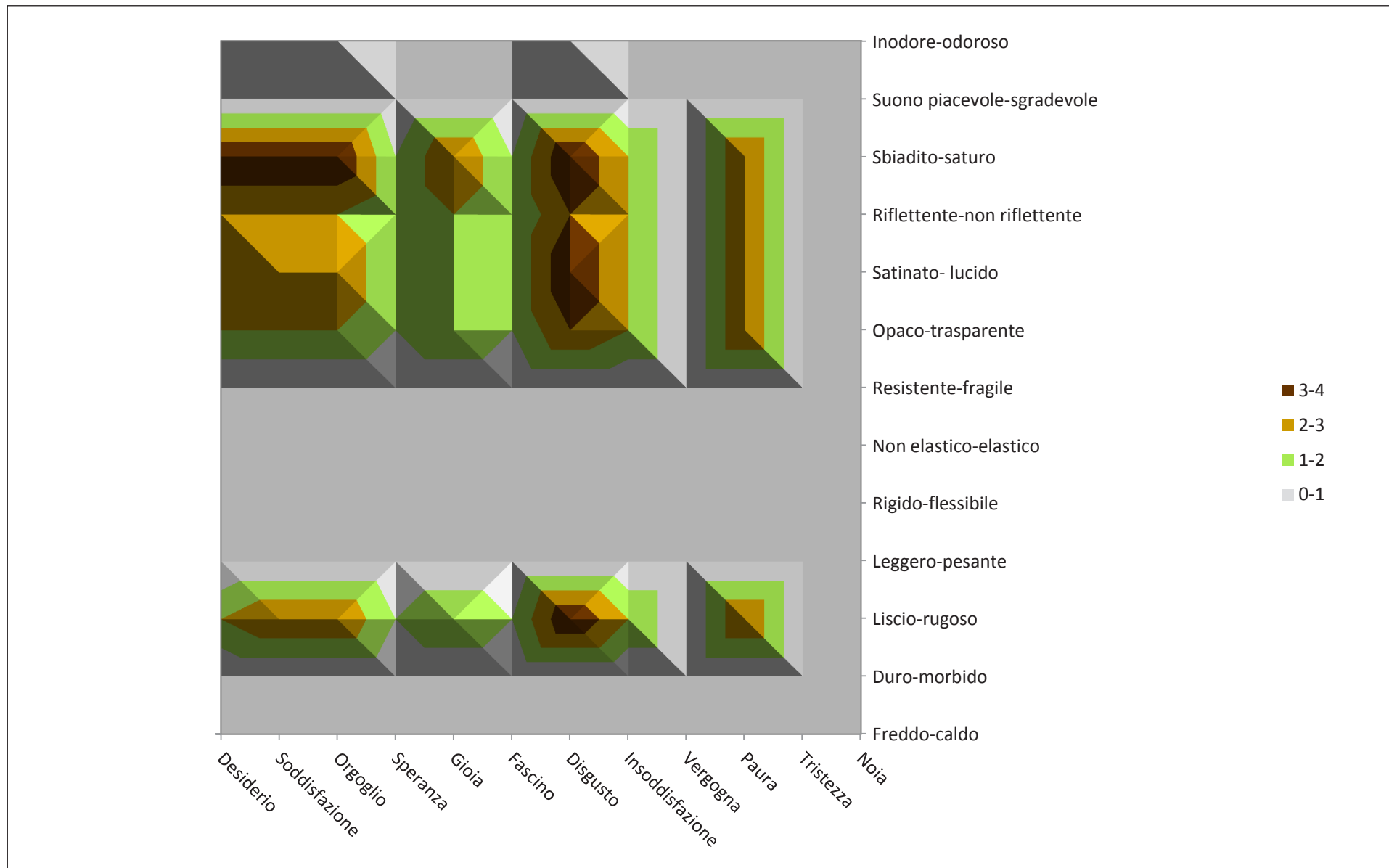


Grafico 25. Correlazione tra variazione emozionale e parametri sensoriali.

5.3 Test_1: Materiali invecchiati

5.3.1 OBIETTIVO

Il test è suddiviso in due parti autonome tra loro. La prima parte del test, tramite l'utilizzo del programma PrEmo¹, ha lo scopo di valutare le emozioni legate a materiali con differenti gradi di invecchiamento. I materiali scelti sono sotto forma di campioni, quindi uniformati fra loro per forma, funzione e colore. Un'attenzione particolare viene data anche al background culturale dell'utente, fattore che potrebbe influenzare la valutazione degli artefatti.

Nella seconda parte l'utente dovrà valutare le **caratteristiche sensoriali** di ogni campione.

Scopo del test è di scoprire come varia l'affezione dell'utente rispetto ad materiali invecchiati, correlando alla variazione emozionale i parametri sensoriali responsabili di tale variazione percettiva.

5.3.2 METODO

5.3.2.1 Oggetto del test

L'emozione suscitata dai campioni dipende dalle caratteristiche sensoriali e tecniche del materiale ma è sicuramente condizionata dal prodotto nel quale il materiale è inglobato, per questo è stato scelto di utilizzare artefatti di uguale forma, funzione, dimensioni e colorazione neutra.

I materiali utilizzati, ABS, PC, PET, PMMA, PP, sono gli stessi selezionati per il test_0.

I campioni sono di forma quadrata, dimensioni 100x100 mm e spessore costante di 3mm².

Gli oggetti sono stati fatti invecchiare tramite la tecnica di *Natural Weathering*, le cui specifiche sono riportate nell'Appendice I.³

Nell'analisi dei risultati saranno indicati con il nome del materiale seguito dal numero **0 tutti gli oggetti nuovi** (es: ABS_0) e con il nome del materiale seguito dal numero **1 tutti gli oggetti invecchiati** (es: ABS_1).

5.3.2.2 Panel

Il panel è il medesimo selezionato per il test_0, in modo da rendere maggiormente confrontabili i risultati delle due indagini sperimentali.

Sono stati coinvolti nel test 25 soggetti di cittadinanza italiana, di cui 10 femmine e 15 maschi. I partecipanti sono stati ulteriormente selezionati in base al loro background culturale dividendoli in:

- Naif (12u.) non appartenenti al mondo del progetto e senza alcuna nozione lega-

1 www.premotool.com

2 Ad eccezione dei campioni in ABS che per esigenze produttive sono stati forniti in dimensioni 900x900 mm.

3 APPENDICE I: ottenimento dei campioni invecchiati, pp.160-167.

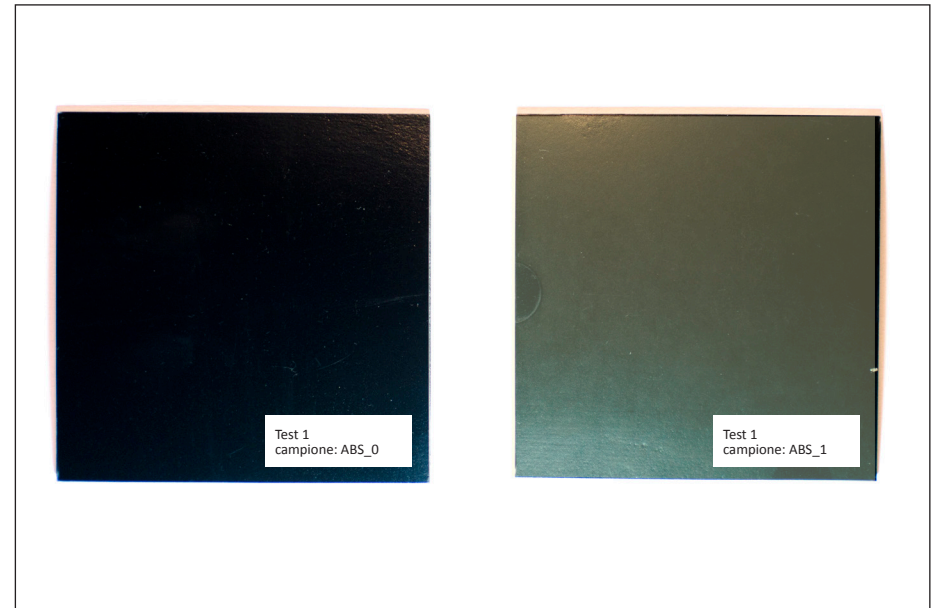




Immagine 12-16. Campioni utilizzati per il test_1.



ta ai materiali

- Professionisti (13 u.) selezionati tra studenti a fine corso della laurea magistrale in Design & Engineering del Politecnico di Milano e professionisti nel campo della progettazione e dei materiali.

5.3.2.3 Strumenti

Ai fini dell'indagine sono stati utilizzati strumenti differenti:

- per la prima fase del test è stato utilizzato il software PrEmo, per la valutazione emozionale degli oggetti, sviluppate da Pieter Desmed e commercializzato da SusaGroup⁴, il cui funzionamento è analogo a quello delle Emocards, utilizzate nel precedente test⁵.
- per la seconda fase del test è stato utilizzato il questionario pittografico di valutazione delle proprietà sensoriali dell'oggetto, formulato da Elvin Karana⁶ nello studio *Meanings of materials through sensorial properties and manufacturing processes*.

⁴ www.susagroup.com

⁵ Paragrafo 5.2.2.3.1 "Emocards", pp. 95-96.

⁶ Karana E., Hekkert P., Kundachar P., (2008), Op. Cit.

È stato inoltre somministrato un questionario per stabilire le generalità anagrafiche di ogni utente.

5.3.2.4 Procedura

Fase 1

Il Panel leader dispone sul tavolo i 10 campioni nel seguente ordine: ABS_0, ABS_1, PC_0, PC_1, PET_0, PET_1, PMMA_0, PMMA_1, PP_0, PP_1.

Fase 2

Il Panel leader compila un breve questionario per la rilevazione anagrafica dei partecipanti.

Fase 3

Il Panel leader spiega all'utente lo svolgimento e la finalità del test.

Fase 4

L'utente, fornito di cuffie audio, si accomoda di fronte al computer. Il software presenta all'utente una pagina, nella quale sono rappresentate tramite animazioni le 12 emozioni, 6 positive e 6 negative, per ciascun oggetto in analisi. L'utente deve quindi esprimere il proprio accordo tra l'emozione provata e quella rappresentata dall'animazione, in una scala a 5 fattori di intensità (da 0 a 4), i cui significati sono i seguenti:

0_ non mi sento per nulla così

1_ mi sento poco così

2_ mi sento abbastanza così

3_ mi sento così

4_ mi sento molto così

Per passare all'analisi dell'oggetto successivo è necessario esprimere una valutazione, anche pari a 0, per ciascuna delle 12 emozioni. Una volta passati all'artefatto successivo non è più possibile tornare all'oggetto precedente per modificare i giudizi. (Tempo stimato per questa fase ca. 10 minuti)

Fase 5

Compilazione del questionario cartaceo.

Il questionario, che presenta un elenco di caratteristiche sensoriali, è costituito da 10 pagine, una per ogni oggetto. Ogni pagina riporta il nome dell'oggetto testato e le caratteristiche sensoriali da valutare, per ciascuna caratteristica sono indicati gli opposti, ad esempio duro-morbido.

I partecipanti sono invitati a valutare la corrispondenza tra il materiale valutato e la proprietà specifica su una scala da -2 a +2, sulla base dell'intensità. L'oggetto da valutare viene fornito dal Panel Leader seguendo il medesimo ordine utilizzato nella fase 3. (Tempo stimato per questa fase ca. 10 minuti)

Fase 6

Il Panel leader chiede all'utente un commento sul test appena svolto, al fine di comprendere quali possono essere le maggiori difficoltà riscontrate e quali possono essere invece i punti di forza di tale metodo. Tali commenti verranno trascritti sulla scheda anagrafica di ogni partecipante.

5.3.2.5 Riscontri

Gli utenti hanno espresso curiosità e soddisfazione verso il test svolto. Hanno inoltre rilevato che l'utilizzo del software favorisce una migliore identificazione delle emozioni presentate rispetto all'utilizzo delle Emocards. La conoscenza appresa nel precedente test ha aiutato gli utenti a valutare con maggiore accuratezza emozioni e sensazioni legate ai campioni in analisi.

Test_1

I do feel this strongly — 4
I do feel this — 3
I feel this somewhat — 2
I feel this a little — 1
I do not feel this — 0

ABS_0

Clicca su ogni personaggio.
Utilizza la scala graduata per valutare quanto il sentimento espresso dal personaggio corrisponda a quello da te provato nei confronti del campione mostrato in figura.
Ricordati che non potrai passare alla pagina successiva prima di aver fatto clic su ogni personaggio ed aver selezionato il valore di riferimento.

Next >>

Immagine 17. Il test_1.

Alcuni tester hanno ritenuto difficile valutare le proprietà acustiche e olfattive degli oggetti.

5.3.3 ANALISI DEI RISULTATI

Lo scopo del test è di scoprire come varia l'affezione dell'utente rispetto ai materiali invecchiati, al fine di valorizzarne l'invecchiamento. L'analisi dei dati ottenuti sarà così strutturata:

- 5.3.3.1 Valutazione della percezione emozionale dei materiali
- 5.3.3.2 Valutazione delle percezione sensoriale dei materiali
- 5.3.3.3 Correlazioni tra le variazioni emozionali e le caratteristiche sensoriali dei materiali

5.3.3.1 Valutazione della percezione emozionale dei materiali

L'analisi dei dati è stata svolta su quattro differenti livelli: nei livelli 1 e 2 sono state valutate le emozioni maggiormente significative riferite ai singoli materiali dall'intero panel, nel livello 3 tale analisi è stata compiuta dividendo il panel in utenti esperti e non esperti, al fine di comprendere quanto il background culturale potesse influire sulle valutazioni, infine nel livello 4 sono state valutate le variazioni percettive tra campioni nuovi e invecchiati.

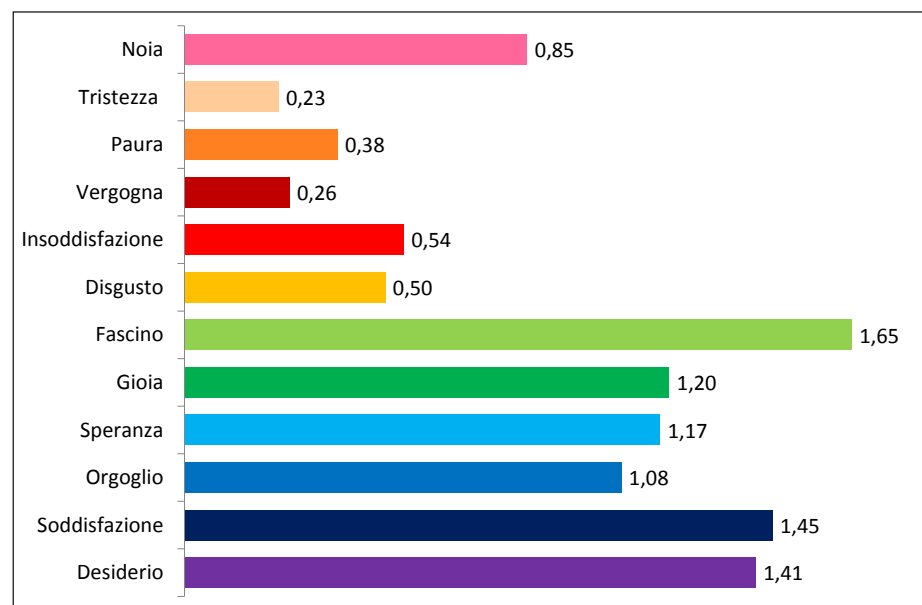


Grafico 26. Intensità delle emozioni (valori medi di percezione).

5.3.3.1.1 Livello 1

In questa fase è stato valutato quali emozioni potevano essere maggiormente associate ai campioni in analisi. L'indagine comprendeva un range di 12 emozioni, 6 positive (*soddisfazione, fascino, gioia, orgoglio, speranza, desiderio*) e 6 negative (*vergogna, disprezzo, insoddisfazione, tristezza, paura, noia*).

Il primo dato che emerge è che la valutazione media di ciascuna emozione ha ottenuto in questo secondo test valori medi leggermente più elevati rispetto al test_0, l'utilizzo di oggetti con forma e colori uniformi ha probabilmente favorito una valutazione emozionale più accurata del precedente test.

Dall'analisi del grafico emerge chiaramente una distinzione tra la percezione delle emozioni positive e negative. **Le emozioni positive vengono infatti associate a valori più alti** mentre quelle negative risultano percepite con minore intensità, le prime vengono infatti associate ad un range di valori compresi tra 1,08 e 1,65 mentre le seconde tra 0,23 e 0,83. Gli utenti hanno ritenuto infatti molto difficoltoso associare emozioni negative di forte intensità, come disgusto o paura, ad oggetti di uso così comune.

Nonostante la metà dei campioni presentassero visibili segni di invecchiamento, i materiali sono stati percepiti positivamente nella maggior parte dei casi. Il dato può significare che il logoramento materico non è il maggiore responsabile del mancato apprezzamento di un prodotto e che esso potrebbe essere invece valorizzato come un punto di forza del prodotto, segno visibile della sua storia.

Successivamente è stata esaminata singolarmente ogni emozione, al fine di stabilire a quali materiale potessero essere collegati i valori emozionali massimi e minimi e quali fossero le emozioni maggiormente significative (i risultati di tale analisi sono riportati nell'*APPENDICE II: analisi dati indagine sperimentale*⁷). Dall'analisi è emerso come l'emozione più significativa risulti il *fascino*, valutato con valori sempre positivi e superiori ad 1 punto per tutti i campioni in analisi.

Emozioni positive

Dall'analisi delle emozioni positive (Grafico 27) è emerso che **a differenza del precedente test non tutte le valutazioni maggiormente positive sono state assegnate ai campioni non invecchiati**. In particolare nella coppia di campioni in PP il materiale nuovo è stato valutato spesso negativamente, probabilmente a causa della sua colorazione giallastra, che lo rendeva simile ad un oggetto vecchio e ingiallito, mentre il suo corrispettivo invecchiato presentava una decolorazione bianca uniforme, dovuta alla foto-degradazione, che lo rendeva maggiormente piacevole. Proprio tale oggetto è stato infatti valutato come maggiormente affascinante. Il campione che ha ottenuto valutazioni positive maggiori è stato il PET_0.

7 APPENDICE II: analisi dati indagine sperimentale, pp.198-204.

Grafico 27. Intensità delle emozioni positive percepite per singolo materiale (valori medi di percezione).

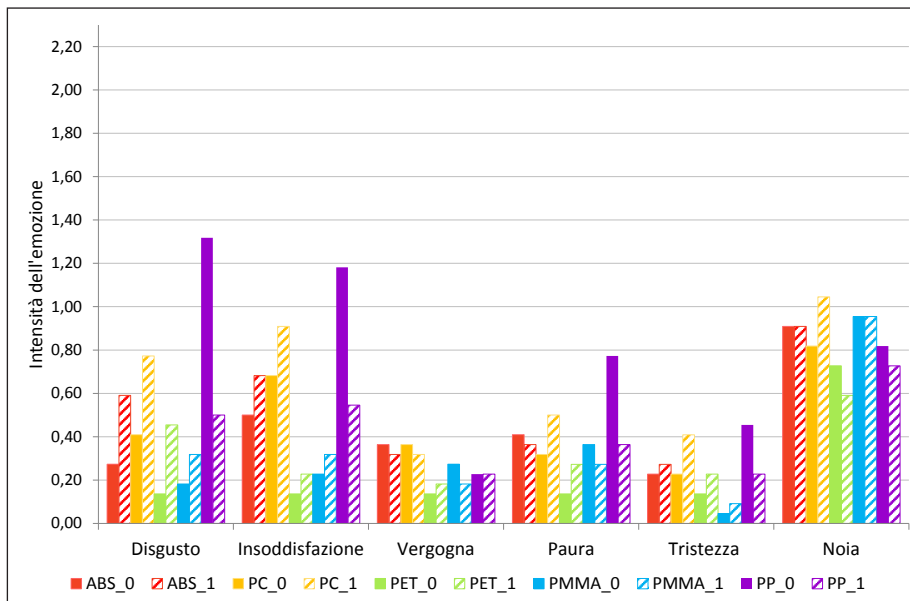
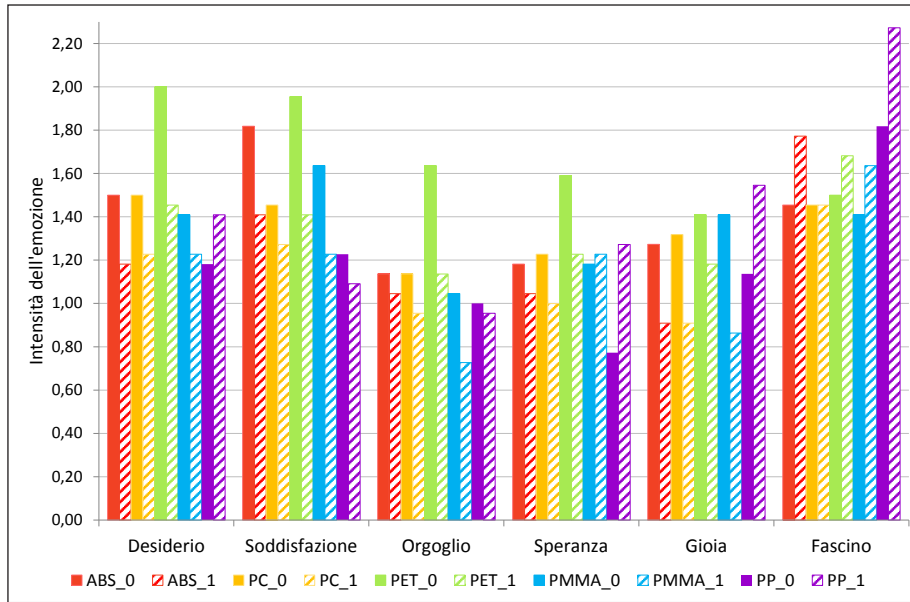


Grafico 28. Intensità delle emozioni negative percepite per singolo materiale (valori medi di percezione).

Emozioni negative

Dall'analisi delle emozioni negative (Grafico 28) è emerso chiaramente come esse sono **difficilmente associabili ad oggetti così semplici**. Anche in questo caso gli oggetti che hanno ricevuto le valutazioni maggiori sono stati il PC_1 e il PP_0, che presentavano una colorazione giallastra. A differenza del precedente test la valutazione dell'emozione noia è stata mediamente più elevata, questo perché i campioni presentati erano anonimi, con colori neutri e forme standardizzata.

5.3.3.1.2 Livello 2

Questo livello di analisi intende indagare le relazioni esistenti tra le categorie emozionali e i singoli materiali, stabilendo una *soglia di significatività* utile per la comprensione delle emozioni maggiormente significative per ciascun materiale polimerico analizzato. Dopo aver calcolato il valore medio di ogni emozione espressa per ciascun materiale, eliminando i due valori estremi, è stato valutato il valore medio di tutte le emozioni espresse per il singolo materiale (evidenziato con il colore rosso). Le emozioni che superavano tale valore medio (evidenziate con il colore giallo) sono state considerate significative per descrivere il singolo materiale.

	ABS_0	ABS_1	PC_0	PC_1	PET_0	PET_1	PMMA_0	PMMA_1	PP_0	PP_1
Desiderio	1,50	1,18	1,50	1,23	2,00	1,45	1,41	1,23	1,18	1,41
Soddifazione	1,82	1,41	1,45	1,27	1,95	1,41	1,64	1,23	1,23	1,09
Orgoglio	1,14	1,05	1,14	0,95	1,64	1,14	1,05	0,73	1,00	0,95
Speranza	1,18	1,05	1,23	1,00	1,59	1,23	1,18	1,23	0,77	1,27
Gioia	1,27	0,91	1,32	0,91	1,41	1,18	1,41	0,86	1,14	1,55
Fascino	1,45	1,77	1,45	1,45	1,5	1,68	1,41	1,64	1,82	2,27
Disgusto	0,27	0,59	0,41	0,77	0,14	0,45	0,18	0,32	1,32	0,5
Insoddisfazione	0,50	0,68	0,68	0,91	0,14	0,23	0,23	0,32	1,18	0,55
Vergogna	0,36	0,32	0,36	0,32	0,14	0,18	0,27	0,18	0,23	0,23
Paura	0,41	0,36	0,32	0,50	0,14	0,27	0,36	0,27	0,77	0,36
Tristezza	0,23	0,27	0,23	0,41	0,14	0,23	0,05	0,09	0,45	0,23
Noia	0,91	0,91	0,82	1,05	0,73	0,59	0,95	0,95	0,82	0,73
Media	0,92	0,88	0,91	0,90	0,96	0,84	0,84	0,75	0,99	0,93

Tabella 13. Soglia di significatività per le emozioni valutata per ogni singolo materiale.

Si evince che le emozioni significative sono:

ABS_0: desiderio, soddifazione, orgoglio, speranza, gioia, fascino

ABS_1: desiderio, soddifazione, orgoglio, speranza, gioia, fascino, noia

PC_0: desiderio, soddifazione, orgoglio, speranza, gioia, fascino, noia

PC_1: desiderio, soddifazione, orgoglio, speranza, gioia, fascino, insoddisfazione, noia

PET_0: desiderio, soddifazione, orgoglio, speranza, gioia, fascino

PET_1: desiderio, soddisfazione, orgoglio, speranza, gioia, fascino
 PMMA_0: desiderio, soddisfazione, orgoglio, speranza, gioia, fascino, noia
 PMMA_1: desiderio, soddisfazione, speranza, gioia, fascino, noia
 PP_0: desiderio, soddisfazione, orgoglio, gioia, fascino, disgusto, noia
 PP_1: desiderio, soddisfazione, orgoglio, speranza, gioia, fascino

Emozioni positive

Dall'analisi delle valutazioni assegnate alle emozioni positive (Grafico 29) emerge che esse risultano significative per tutti i materiali, ad esclusione del PMMA_1 e del PP_0. L'orgoglio infatti riceve una valutazione inferiore alla soglia per il PMMA_1, così come la speranza per il PP_0.

Emozioni negative

Dall'analisi emerge come **difficilmente le emozioni negative (Grafico 30) possono essere associate ai materiali**. Nessuna emozione negativa, ad eccezione della noia, risulta infatti essere significativa per gli oggetti nuovi. Le altre emozioni che superano la soglia di significatività, *disgusto* e *insoddisfazione*, sono entrambe associate ai due oggetti che presentano una colorazione giallastra, PP_0 e PC_1.

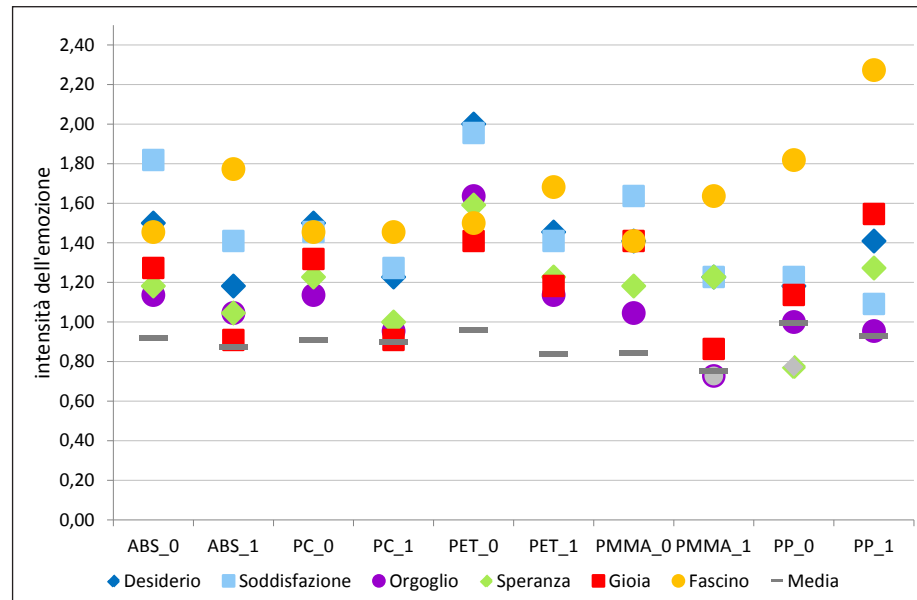


Grafico 29. Soglia di significatività per le emozioni positive valutata per ogni singolo materiale. Le emozioni che si collocano sopra alla soglia sono considerate significative per il materiale di riferimento.

5.3.3.1.3 Livello 3

In questa fase è stata valutata l'influenza del background culturale del panel nella valutazione emozionale dei diversi materiali. Il panel è stato suddiviso in *esperti*, selezionati tra studenti a fine corso della laurea magistrale in Design & Engineering del Politecnico di Milano e professionisti nel campo della progettazione e dei materiali, e *naif*, non appartenenti al mondo del progetto e senza alcuna nozione legata ai materiali. I dati ricavati sono stati confrontati con le preferenze espresse dalla totalità del panel. Di seguito viene riportato un grafico del confronto tra emozioni percepite tra i diversi panel, per una trattazione più esaustiva dell'argomento si rimanda all'*APPENDICE II: analisi dati indagine sperimentale*⁸.

Dall'analisi è apparso in modo chiaro come gli utenti non esperti abbiano sempre utilizzato valutazioni più alte nella descrizione delle emozioni negative.

L'emozione percepita con maggiore diversità è la noia: i naif hanno infatti considerato particolarmente noiosi i campioni in analisi, mentre gli utenti esperti hanno assegnato a tutti i campioni valutazioni molto uniformi.

8 APPENDICE II: analisi dati indagine sperimentale, pp.205-211.

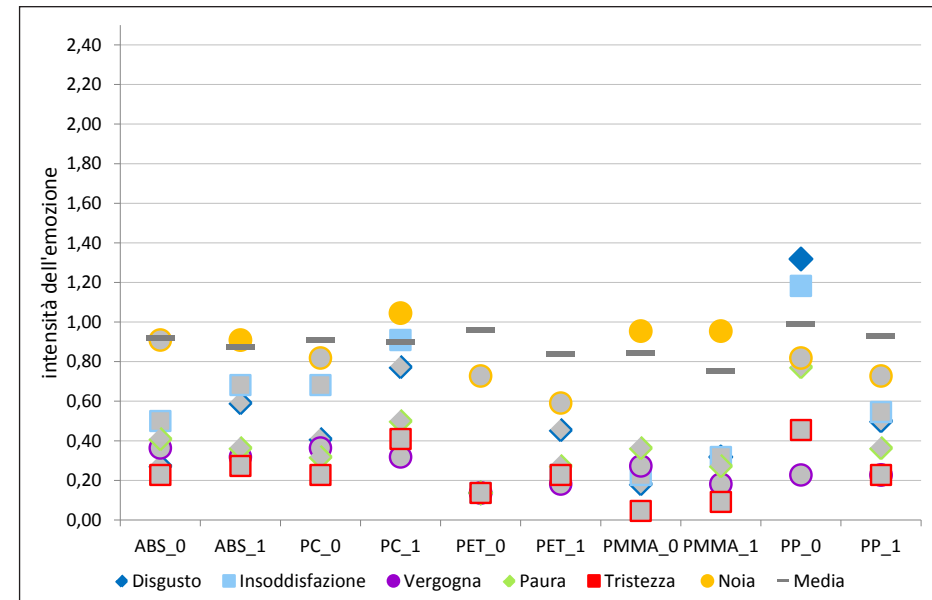


Grafico 30. Soglia di significatività per le emozioni negative valutata per ogni singolo materiale. Le emozioni che si collocano sopra alla soglia sono considerate significative per il materiale di riferimento.

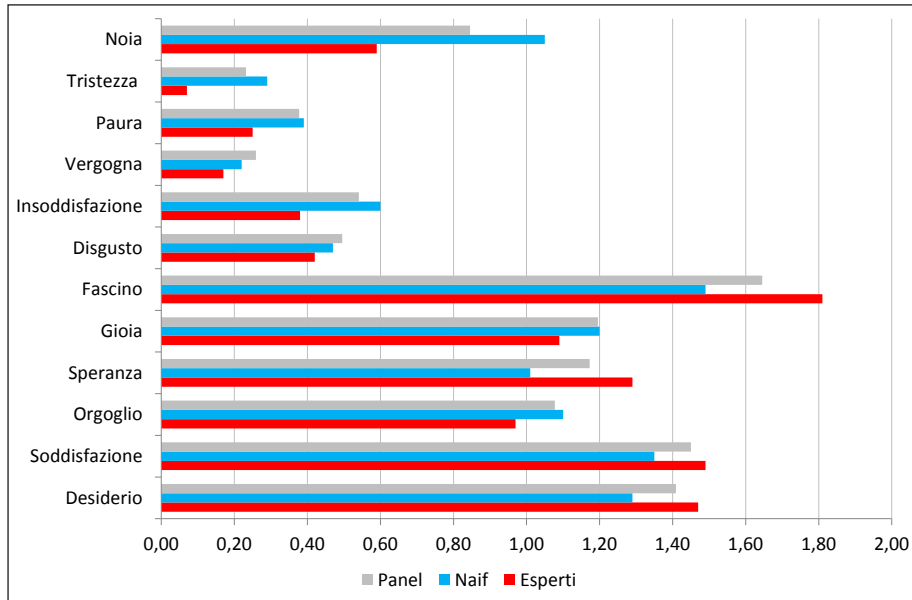


Grafico 31. Intensità delle emozioni percepite dai differenti panel (valori medi di percezione).

5.3.3.1.4 Livello 4

In questa fase sono state analizzate le coppie di materiali al fine di valutare come la percezione emotiva possa variare tra i materiali nuovi e quelli degradati. Per fare ciò è stata valutata la differenza tra i valori medi delle emozioni provate per ogni coppia di materiali in analisi, considerando come significativa ogni variazione superiore a 0,22 punti o inferiore a -0,22 punti. La soglia di significatività è stata ottenuta calcolando il valor medio delle variazioni emozionali valutate per ciascun materiale (vedi tabella 71, pp. 211). Le tabelle e i grafici relativi ai valori emozionali dei singoli materiali sono riportate nell'APPENDICE II: analisi dati indagine sperimentale⁹. Si noti come la media delle variazioni emozionali (0.22) sia significativamente inferiore a quella del test_0 (0.44), probabilmente la percezione dell'invecchiamento materico è più difficile da rilevare su campioni rispetto ad oggetti di uso comune.

ABS

Per l'ABS sono cinque le emozioni, quattro positive e una negativa, che superano la soglia di significatività.

L'emozione che varia maggiormente di intensità tra oggetto nuovo ed invecchiato è la *soddisfazione* che nell'oggetto invecchiato diminuisce di 0.41 punti. Si può notare

come generalmente le emozioni positive, ad eccezione dell'*orgoglio*, tendano a diminuire con l'invecchiamento del prodotto.

PC

Per il PC sono sei le emozioni che superano la soglia di significatività, tre positive e tre negative. L'emozione che varia con maggiore intensità è la *gioia*, che diminuisce di 0.41 punti nell'oggetto invecchiato. Si nota come tutte le emozioni positive calano con l'invecchiamento del prodotto, mentre quelle negative tendono ad aumentare, ad eccezione della *vergogna*, che viene percepita con maggiore intensità nell'oggetto nuovo.

PET

Per il PET sono sei le emozioni che superano la soglia di significatività, cinque positive e una negativa. Le emozioni che variano con maggiore intensità sono *soddisfazione* e *desiderio*, diminuendo di 0.55 punti nell'oggetto invecchiato. Si nota come tutte le emozioni positive, ad eccezione del *fascino*, calano con l'invecchiamento del prodotto, mentre quelle negative tendono ad aumentare.

PMMA

Per il PMMA solo quattro emozioni positive superano la soglia di significatività, ciò indica che per questo materiale la percezione tra oggetto nuovo ed invecchiato è abbastanza uniforme. L'emozione che varia con maggiore intensità è la *gioia*, diminuendo di 0.55 punti nell'oggetto invecchiato.

PP

Per il PP sono otto le emozioni che superano la soglia di significatività, quattro positive e quattro negative, ciò è indicativo di come la percezione tra oggetto nuovo ed invecchiato sia molto differenziata. L'emozione che varia con maggiore intensità è il *disgusto*, che aumenta di 0.82 punti nell'oggetto nuovo. La percezione dell'invecchiamento in questa coppia di campioni è risultata di difficile comprensione a causa della colorazione giallastra dell'oggetto nuovo e all'effetto di sbiancamento che la foto-degradazione ha causato su quello invecchiato. Paradossalmente infatti il campione PP_0 sembrava più degradato del campione PP_1.

⁹ APPENDICE II: analisi dati indagine sperimentale, pp.212-215.

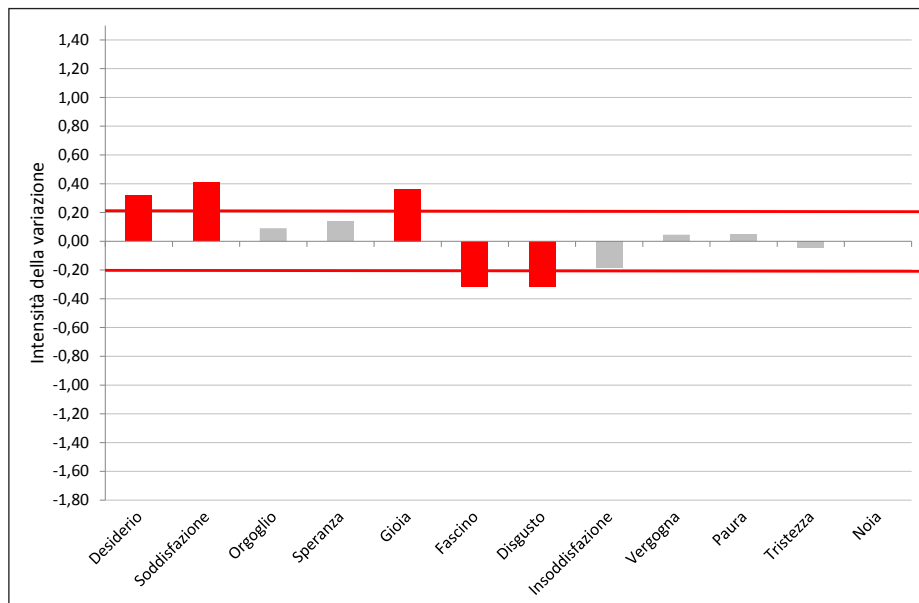


Grafico 32. Variazioni nella percezione emozionale ABS (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Con il colore grigio vengono identificati i valori che non superano la soglia di significatività, rappresentata dalla linea rossa.

	ABS_0	ABS_1	ABS_0 - ABS_1
Desiderio	1,50	1,18	0,32
Soddifazione	1,82	1,41	0,41
Orgoglio	1,14	1,05	0,09
Speranza	1,18	1,05	0,14
Gioia	1,27	0,91	0,36
Fascino	1,45	1,77	-0,32
Disgusto	0,27	0,59	-0,32
Insoddisfazione	0,50	0,68	-0,18
Vergogna	0,36	0,32	0,05
Paura	0,41	0,36	0,05
Tristezza	0,23	0,27	-0,05
Noia	0,91	0,91	0,00

Tabella 14. Variazioni nella percezione emozionale ABS (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). In giallo vengono identificati i valori che superano la soglia di significatività (>0,22; <0,22).

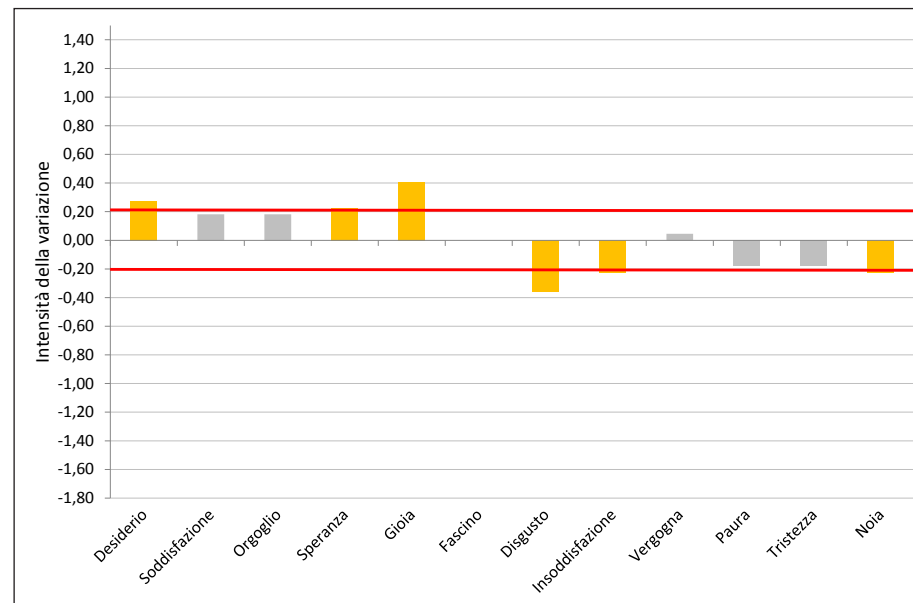


Grafico 33. Variazioni nella percezione emozionale PC (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Con il colore grigio vengono identificati i valori che non superano la soglia di significatività, rappresentata dalla linea rossa.

	PC_0	PC_1	PC_0 - PC_1
Desiderio	1,50	1,23	0,27
Soddifazione	1,45	1,27	0,18
Orgoglio	1,14	0,95	0,18
Speranza	1,23	1,00	0,23
Gioia	1,32	0,91	0,41
Fascino	1,45	1,45	0,00
Disgusto	0,41	0,77	-0,36
Insoddisfazione	0,68	0,91	-0,23
Vergogna	0,36	0,32	0,05
Paura	0,32	0,50	-0,18
Tristezza	0,23	0,41	-0,18
Noia	0,82	1,05	-0,23

Tabella 15. Variazioni nella percezione emozionale PC (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). In giallo vengono identificati i valori che superano la soglia di significatività (>0,22; <0,22).

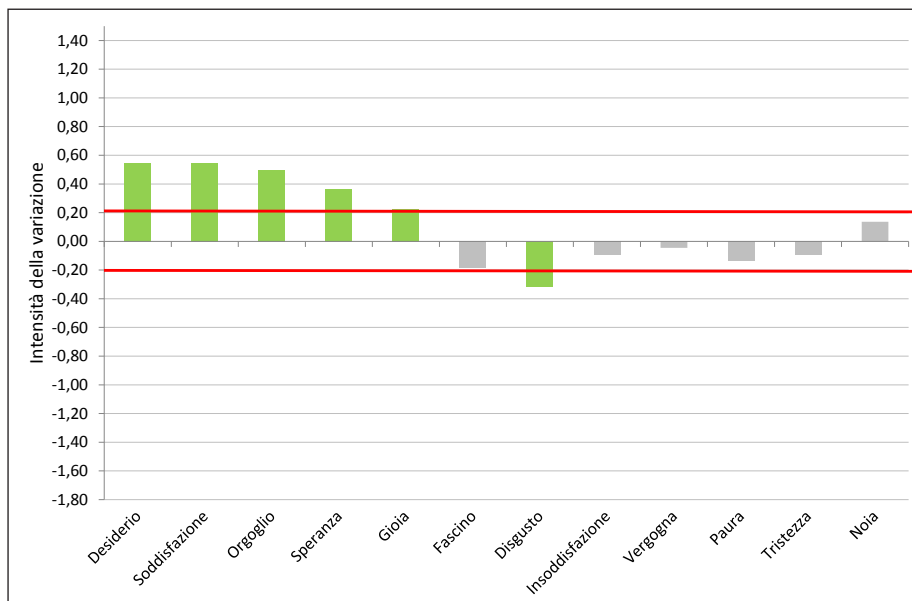


Grafico 34. Variazioni nella percezione emozionale PET (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Con il colore grigio vengono identificati i valori che non superano la soglia di significatività, rappresentata dalla linea rossa.

	PET_0	PET_1	PET_0 - PET_1
Desiderio	2,00	1,45	0,55
Soddisfazione	1,95	1,41	0,55
Orgoglio	1,64	1,14	0,50
Speranza	1,59	1,23	0,36
Gioia	1,41	1,18	0,23
Fascino	1,50	1,68	-0,18
Disgusto	0,14	0,45	-0,32
Insoddisfazione	0,14	0,23	-0,09
Vergogna	0,14	0,18	-0,05
Paura	0,14	0,27	-0,14
Tristezza	0,14	0,23	-0,09
Noia	0,73	0,59	0,14

Tabella 16. Variazioni nella percezione emozionale PET (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). In giallo vengono identificati i valori che superano la soglia di significatività (>0,22; <0,22).

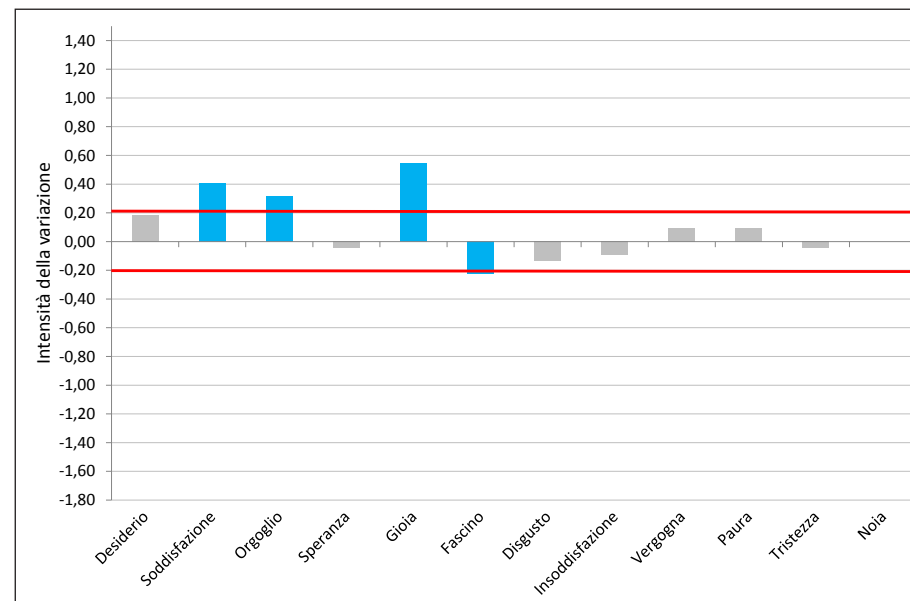


Grafico 35. Variazioni nella percezione emozionale PMMA (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Con il colore grigio vengono identificati i valori che non superano la soglia di significatività, rappresentata dalla linea rossa.

	PMMA_0	PMMA_1	PMMA_0 - PMMA_1
Desiderio	1,41	1,23	0,18
Soddisfazione	1,64	1,23	0,41
Orgoglio	1,05	0,73	0,32
Speranza	1,18	1,23	-0,05
Gioia	1,41	0,86	0,55
Fascino	1,41	1,64	-0,23
Disgusto	0,18	0,32	-0,14
Insoddisfazione	0,23	0,32	-0,09
Vergogna	0,27	0,18	0,09
Paura	0,36	0,27	0,09
Tristezza	0,05	0,09	-0,05
Noia	0,95	0,95	0,00

Tabella 17. Variazioni nella percezione emozionale PMMA (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). In giallo vengono identificati i valori che superano la soglia di significatività (>0,22; <0,22).

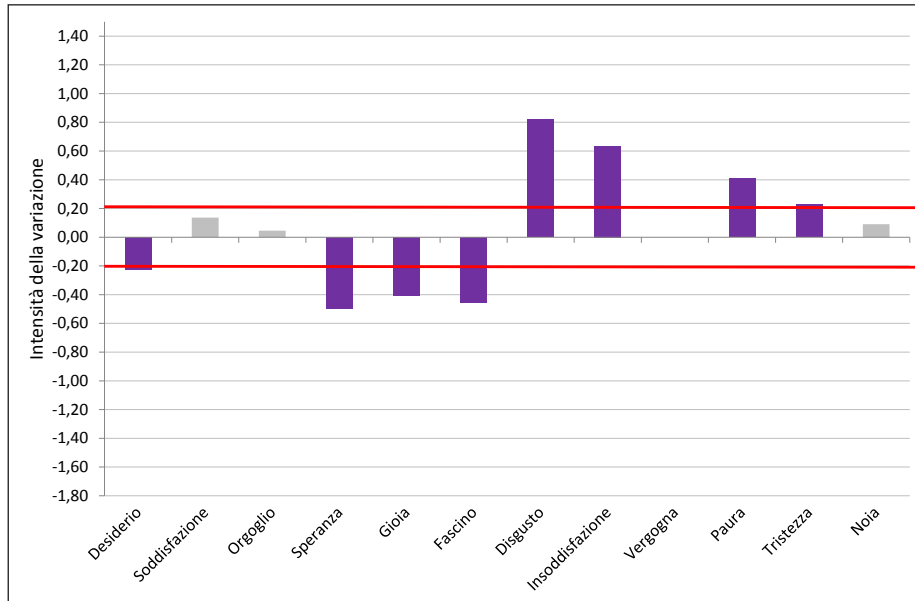


Grafico 36. Variazioni nella percezione emozionale PP (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Con il colore grigio vengono identificati i valori che non superano la soglia di significatività, rappresentata dalla linea rossa.

	PP_0	PP_1	PP_0 - PP_1
Desiderio	1,18	1,41	-0,23
Soddissfazione	1,23	1,09	0,14
Orgoglio	1,00	0,95	0,05
Speranza	0,77	1,27	-0,50
Gioia	1,14	1,55	-0,41
Fascino	1,82	2,27	-0,45
Disgusto	1,32	0,50	0,82
Insoddisfazione	1,18	0,55	0,64
Vergogna	0,23	0,23	0,00
Paura	0,77	0,36	0,41
Tristezza	0,45	0,23	0,23
Noia	0,82	0,73	0,09

Tabella 18. Variazioni nella percezione emozionale PP (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). In giallo vengono identificati i valori che superano la soglia di significatività (>0,22; <0,22).

5.3.3.1.4.1 CONCLUSIONI

Dall'analisi è emerso che le emozioni che maggiormente subiscono una variazione di intensità tra oggetti nuovi e degradati sono (tra parentesi i materiali a cui sono riferiti):

- Gioia (ABS, PC, PET, PMMA, PP)
- Soddissfazione (ABS, PET, PMMA)
- Disgusto (ABS, PC, PET, PP)
- Desiderio (ABS, PC, PET, PP)
- Fascino (ABS, PMMA, PP)
- Speranza (PC, PET, PP)
- Orgoglio (PET, PMMA)
- Insoddisfazione (PC, PP)
- Tristezza (PP)
- Paura (PP)
- Noia (PC)

L'emozione che rimane invariata è la *vergogna*.

Tra materiali nuovi ed invecchiati mostrano quindi variazioni significative tutte e sei le emozioni positive e cinque emozioni negative.

Scheda 4: Variazioni nella percezione emozionale test_1

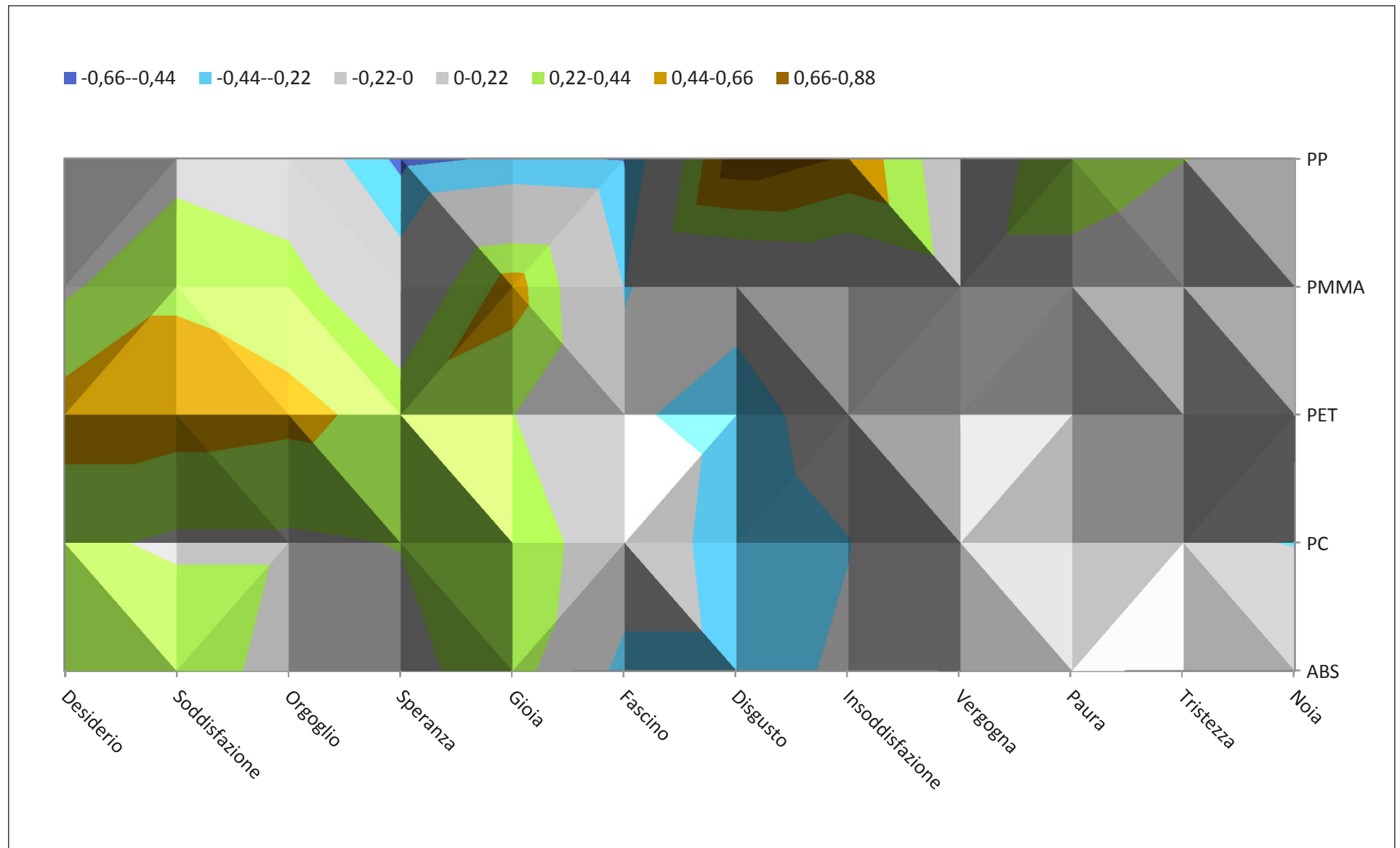


Grafico 37. Variazioni nella percezione emozionale [differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato]. Con il colore grigio vengono identificati i valori che non superano la soglia di significatività di 0,22 punti.

5.3.3.2 Valutazione delle percezioni sensoriale dei materiali

Scopo di questa fase è stato quello di valutare come la percezione sensoriale possa variare tra i materiali nuovi e quelli degradati. Per fare ciò è stata valutata la differenza tra i valori medi delle percezioni sensoriali provate per ogni coppia di materiali in analisi, considerando come significativa ogni variazione percettiva superiore a 0,22 punti o inferiore a -0,22 punti. La soglia di significatività è equivalente alla media delle variazioni percettive calcolate per ciascun materiale (vedi tabella 82, pp. 216). Le tabelle e i grafici relativi alla percezione sensoriale dei singoli materiali sono riportate nell'APPENDICE II: *analisi dati indagine sperimentale*¹⁰.

Si noti come **la media delle variazioni sensoriali (0.22) sia significativamente inferiore a quella del test_0 (0.48), probabilmente la percezione dell'invecchiamento materico è più difficile da rilevare su campioni rispetto ad oggetti tridimensionali di uso comune**. Alcuni parametri infatti, come l'ingiallimento dei materiali trasparenti, sono infatti difficilmente percepibili su forme bidimensionali.

ABS

Per l'ABS cinque percezioni sensoriali superano la soglia di significatività, due legate all'aspetto tattile, e tre a quello fotometrico, ciò indica che per questo materiale **la percezione tra oggetto nuovo ed invecchiato è abbastanza differenziata**.

La percezione che varia con maggiore intensità è la *saturazione*. L'oggetto invecchiato viene percepito come maggiormente *morbido, pesante, satinato, non riflettente e sbiadito* rispetto al suo corrispettivo nuovo. Dagli utenti intervistati è stato riferito che gli oggetti invecchiati, con colorazioni o touch non uniformi, trasmettono una sensazione di maggiore corposità, e quindi vengono valutati come più pesanti rispetto ai corrispettivi nuovi.

PC

Per il PC quattro percezioni sensoriali superano la soglia di significatività, due legate all'aspetto tattile e due legate a quello fotometrico, ciò indica che per questo materiale **la percezione tra oggetto nuovo ed invecchiato è abbastanza differenziata**.

La percezione che varia con maggiore intensità è la *saturazione*. L'oggetto invecchiato viene percepito come maggiormente *caldo, fragile, riflettente e sbiadito* rispetto al suo corrispettivo nuovo. In particolare durante la fase di test è stato riferito dagli utenti che la colorazione giallastra degli oggetti invecchiati comporta una sensazione di maggiore calore.

PET

Per il PET quattro percezioni sensoriali superano la soglia di significatività, due legate all'aspetto tattile e due legate a quello fotometrico, ciò indica che per questo materiale **la percezione tra oggetto nuovo ed invecchiato è abbastanza uniforme**. La

percezione che varia con maggiore intensità è la *saturazione*. L'oggetto invecchiato viene percepito come maggiormente *rugoso, rigido, riflettente e sbiadito* rispetto al suo corrispettivo nuovo.

PMMA

Per il PMMA solo due percezioni superano la soglia di significatività, una legata all'aspetto tattile e una a quello fotometrico, ciò indica che per questo materiale **la percezione tra oggetto nuovo ed invecchiato è molto uniforme**. La percezione che varia con maggiore intensità è la saturazione. L'oggetto invecchiato viene percepito come maggiormente *rigido e sbiadito* rispetto al suo corrispettivo nuovo.

PP

Per il PP sei parametri sensoriali superano la soglia di significatività, due legati all'aspetto tattile, tre a quello fotometrico e uno a quello olfattivo, ciò indica che per questo materiale **la percezione tra oggetto nuovo ed invecchiato è abbastanza differenziata**. L'oggetto invecchiato viene percepito come maggiormente *freddo, rugoso, satinato, non riflettente, sbiadito e odoroso*.

¹⁰ APPENDICE II: *analisi dati indagine sperimentale*, pp.216-221.

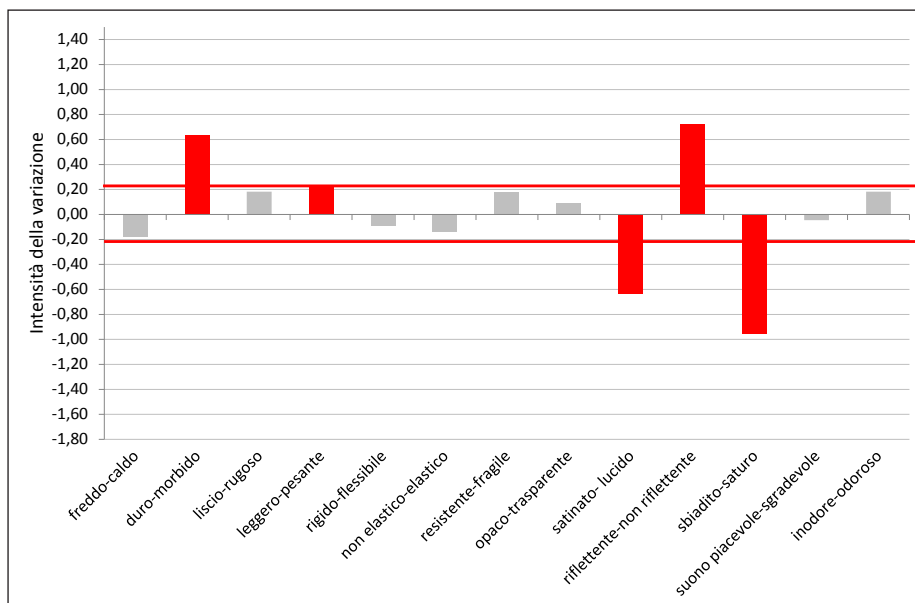


Gráfico 38. Variazioni nella percezione sensoriale ABS (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Con il colore grigio vengono identificati i valori che non superano la soglia di significatività, rappresentata dalla linea rossa.

	ABS_0	ABS_1	ABS_0 - ABS_1
Freddo-caldo	2,18	2,36	-0,18
Duro-morbido	3,18	2,55	0,64
Liscio-rugoso	2,41	2,23	0,18
Leggero-pesante	3,09	2,86	0,23
Rigido-flessibile	2,86	2,95	-0,09
Non elastico-elastico	3,36	3,50	-0,14
Resistente-fragile	3,05	2,86	0,18
Opaco-trasparente	3,95	3,86	0,09
Satinato- lucido	2,59	3,23	-0,64
Riflettente-non riflettente	1,64	0,91	0,73
Sbiadito-saturo	0,86	1,82	-0,95
Suono piacevole-sgradevole	2,41	2,45	0,05
Inodore-odoroso	2,41	2,23	0,18

Tabella 19. Variazioni nella percezione sensoriale ABS (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). In giallo vengono identificati i valori che superano la soglia di significatività (>0,22; <0,22).

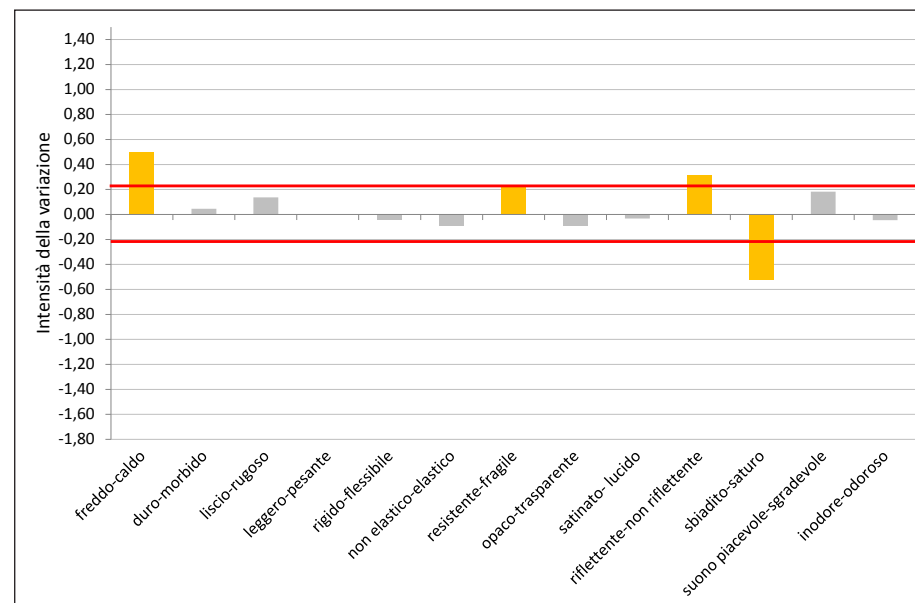


Gráfico 39. Variazioni nella percezione sensoriale PC (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Con il colore grigio vengono identificati i valori che non superano la soglia di significatività, rappresentata dalla linea rossa.

	PC_0	PC_1	PC_0 - PC_1
Freddo-caldo	3,05	2,55	0,50
Duro-morbido	3,64	3,59	0,05
Liscio-rugoso	3,91	3,77	0,14
Leggero-pesante	2,50	2,50	0,00
Rigido-flessibile	3,73	3,77	-0,05
Non elastico-elastico	3,73	3,82	-0,09
Resistente-fragile	2,41	2,18	0,23
Opaco-trasparente	0,18	0,27	-0,09
Satinato- lucido	0,68	0,71	-0,03
Riflettente-non riflettente	2,73	2,41	0,32
Sbiadito-saturo	1,90	2,42	-0,52
Suono piacevole-sgradevole	2,09	1,91	0,18
Inodore-odoroso	2,77	2,82	-0,05

Tabella 20. Variazioni nella percezione sensoriale PC (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). In giallo vengono identificati i valori che superano la soglia di significatività (>0,22; <0,22).

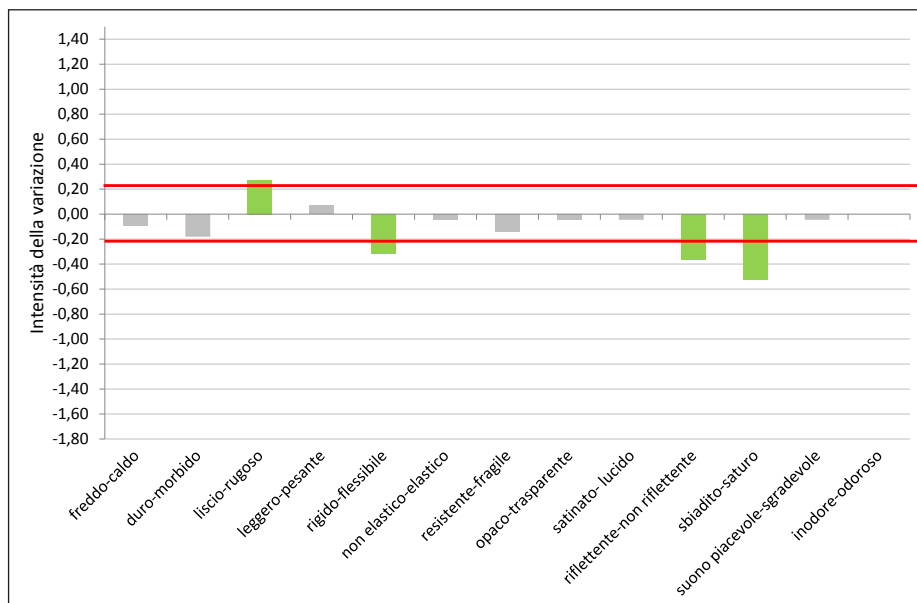


Grafico 40. Variazioni nella percezione sensoriale PET (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Con il colore grigio vengono identificati i valori che non superano la soglia di significatività, rappresentata dalla linea rossa.

	PET_0	PET_1	PET_0 - PET_1
Freddo-caldo	2,32	2,41	-0,09
Duro-morbido	3,14	3,32	-0,18
Liscio-rugoso	3,64	3,36	0,27
Leggero-pesante	2,50	2,43	0,07
Rigido-flessibile	3,32	3,64	-0,32
Non elastico-elastico	3,59	3,64	-0,05
Resistente-fragile	2,95	3,09	-0,14
Opaco-trasparente	3,95	4,00	-0,05
Satinato- lucido	2,36	2,41	-0,05
Riflettente-non riflettente	1,05	1,41	-0,36
Sbiadito-saturo	1,19	1,71	-0,52
Suono piacevole-sgradevole	2,36	2,41	-0,05
Inodore-odoroso	2,41	2,41	0,00

Tabella 21. Variazioni nella percezione sensoriale PET (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). In giallo vengono identificati i valori che superano la soglia di significatività (>0,22; <0,22).

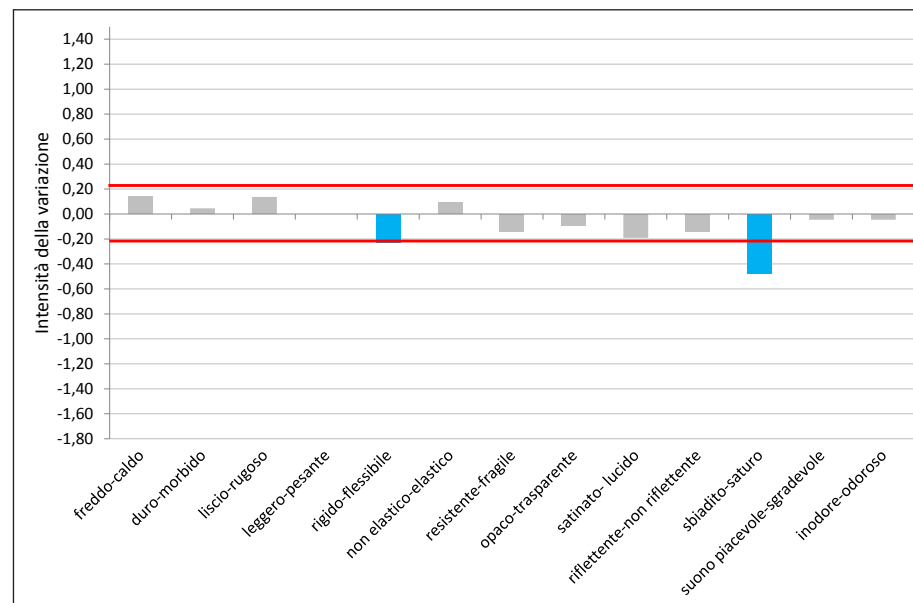


Grafico 41. Variazioni nella percezione sensoriale PMMA (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Con il colore grigio vengono identificati i valori che non superano la soglia di significatività, rappresentata dalla linea rossa.

	PMMA_0	PMMA_1	PMMA_0 - PMMA_1
Freddo-caldo	2,59	2,45	0,14
Duro-morbido	3,82	3,77	0,05
Liscio-rugoso	3,95	3,82	0,14
Leggero-pesante	2,77	2,77	0,00
Rigido-flessibile	3,55	3,77	-0,23
Non elastico-elastico	3,86	3,77	0,09
Resistente-fragile	2,23	2,36	-0,14
Opaco-trasparente	0,09	0,18	-0,09
Satinato- lucido	0,33	0,52	-0,19
Riflettente-non riflettente	2,86	3,00	-0,14
Sbiadito-saturo	1,68	2,16	-0,47
Suono piacevole-sgradevole	2,18	2,23	-0,05
Inodore-odoroso	2,95	3,00	-0,05

Tabella 22. Variazioni nella percezione sensoriale PMMA (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). In giallo vengono identificati i valori che superano la soglia di significatività (>0,22; <0,22).

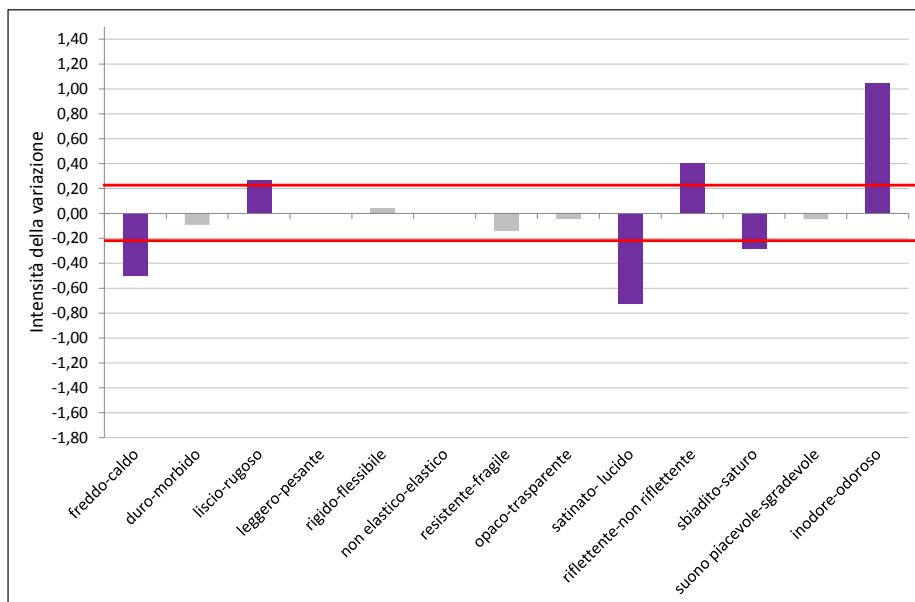


Grafico 42. Variazioni nella percezione sensoriale PP (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Con il colore grigio vengono identificati i valori che non superano la soglia di significatività, rappresentata dalla linea rossa.

	PP_0	PP_1	PP_0 - PP_1
Freddo-caldo	2,00	2,50	-0,50
Duro-morbido	3,14	3,23	-0,09
Liscio-rugoso	3,36	3,10	0,27
Leggero-pesante	3,23	3,23	0,00
Rigido-flessibile	2,82	2,77	0,05
Non elastico-elastico	3,59	3,59	0,00
Resistente-fragile	3,18	3,32	-0,14
Opaco-trasparente	3,73	3,77	-0,05
Satinato- lucido	1,59	2,32	-0,73
Riflettente-non riflettente	1,77	1,36	0,41
Sbiadito-saturo	1,81	2,10	-0,29
Suono piacevole-sgradevole	2,50	2,55	-0,05
Inodore-odoroso	2,32	1,27	1,05

Tabella 23. Variazioni nella percezione sensoriale PP (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). In giallo vengono identificati i valori che superano la soglia di significatività (>0,22; <0,22).

5.3.3.2.1 CONCLUSIONI

Dall'analisi dei dati è emerso che i fattori che vengono maggiormente percepiti nel confronto tra materiali invecchiato e nuovo sono [tra parentesi i materiali a cui sono riferiti]:

- sbiadito-saturo (ABS, PC, PET, PMMA, PP)
- riflettente-non riflettente (ABS, PC, PET, PP)
- satinato- lucido (ABS, PP)
- freddo-caldo (PC, PP)
- rigido-flessibile (PET, PMMA)
- liscio-rugoso (PET, PP)
- duro-morbido (ABS)
- leggero-pesante (ABS)
- resistente-fragile (PC)
- inodore-odoroso (PP)

I fattori che invece restano invariati sono:

- opaco-trasparente
- non elastico-elastico
- suono piacevole-sgradevole

Tra materiali nuovi ed invecchiati variano quindi tre proprietà legate all'aspetto fotometrico, (*lucentezza, riflettività e saturazione*), una sola proprietà legata all'aspetto tattile (*calore, durezza, rugosità, leggerezza, rigidità e resistenza*) ed una legata all'aspetto olfattivo (*odore*). Sono rimaste invariate due proprietà legate all'aspetto tattile, mentre nessuna proprietà legata ad aspetti uditivi è variata.

Scheda 5: Variazioni nella percezione sensoriale test_1

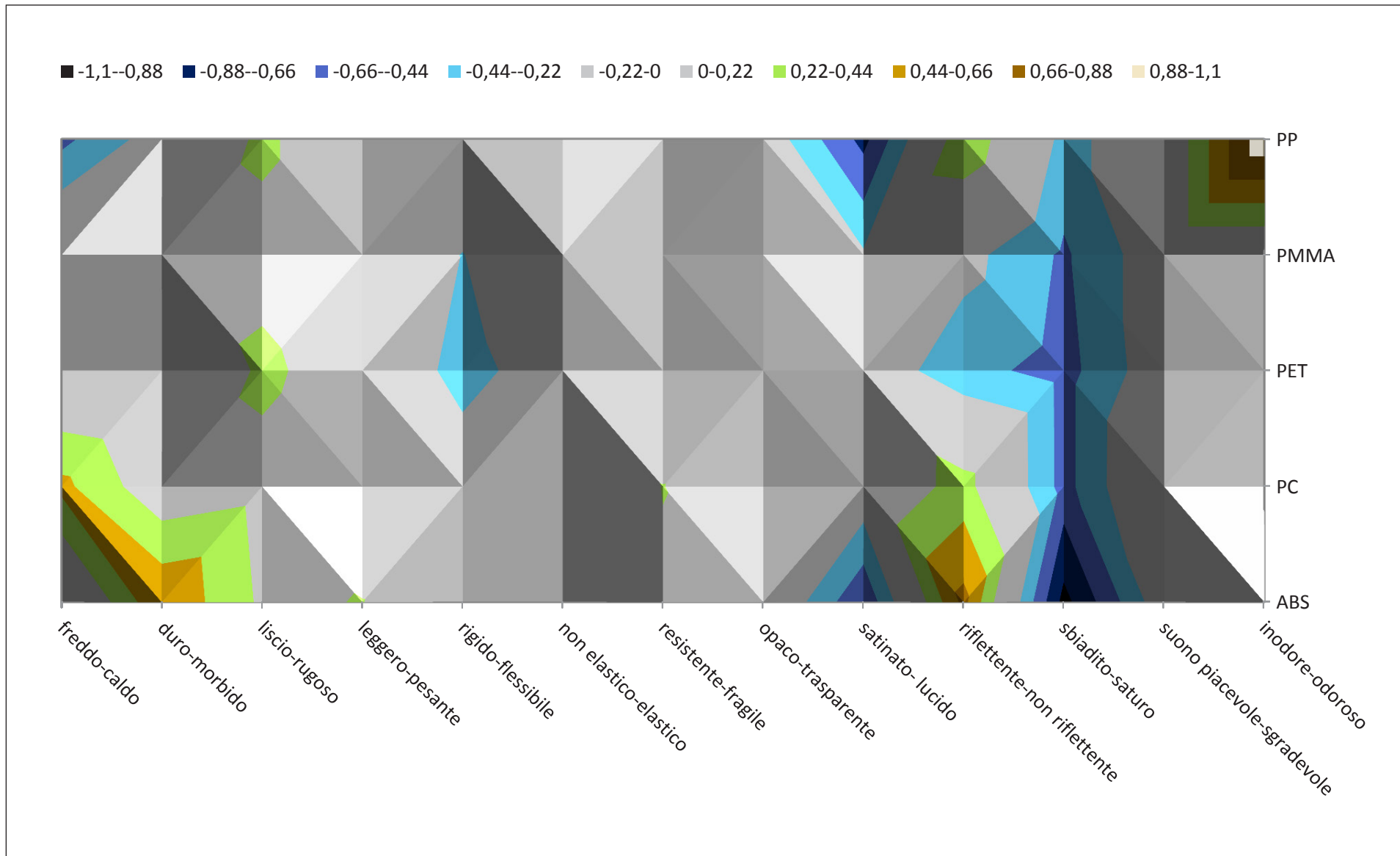


Grafico 43. Variazioni nella percezione sensoriale (differenza tra valore medio materiale nuovo e valore medio materiale invecchiato). Con il colore grigio vengono identificati i valori che non superano la soglia di significatività di 0,22 punti.

5.3.3.3 Correlazioni tra variazioni percettive ed emozionali

Dall'analisi dei dati è emerso che ad ogni variazione emozionale, tra le coppie di materiali analizzati, corrispondeva una variazione della percezione sensoriale. Scopo di questa fase è scoprire a quali variazioni sensoriali, (analizzate nel paragrafo 5.3.3.1), possono essere relazionate le variazioni emozionali (analizzate nel paragrafo 5.3.3.2). Per fare ciò ad ogni emozione che ha subito variazione, per specifico materiale, sono stati correlati i parametri sensoriali che ugualmente presentavano una variazione per lo stesso materiale. Ad esempio l'emozione *paura*, che ha subito una variazione percettiva per il materiale PP, è stata correlata con tutti i parametri sensoriali che in questo materiale variavano e cioè freddo-caldo, liscio-rugoso, satinato- lucido, riflettente-non riflettente, sbiadito-saturo inodore-odoroso.

Si è quindi formata una matrice sulle cui ascisse troviamo le emozioni che sono maggiormente variate e sulle ordinate i parametri sensoriali ad esse correlati. In questo caso, come vedremo i risultati sono svincolati dal materiale specifico (che non è più presente) e quindi non vengono più valutati parametri e sensazioni riferiti ai singoli campioni, ma all'intera famiglia dei materiali polimerici.

L'analisi dei dati ottenuti è stata svolta su due differenti livelli: nel livello 1 sono state analizzate le singole emozioni per scoprire a quali parametri sensoriali potessero essere associate le loro variazioni percettive i (i risultati completi di tale analisi sono

riportati nell'APPENDICE II: analisi dati indagine sperimentale¹¹), nel secondo livello sono stati invece analizzati i parametri sensoriali (suddividendoli in aspetto tattile, aspetto fotometrico e aspetto olfattivo) per esaminare come la loro variazione influenza una variazione emozionale. Nel primo livello otteniamo un'informazione rispetto all'emozione, questo dato potrebbe risultare utile ad un designer che può comprendere quali parametri sensoriali possono essere modificati per stimolare una determinata emozione. Nel secondo livello viceversa partendo dal parametro sensoriale che si desidera valorizzare il progettista può comprendere a quali variazioni emozionali esso può essere maggiormente correlato.

5.3.3.3.1 Livello 1

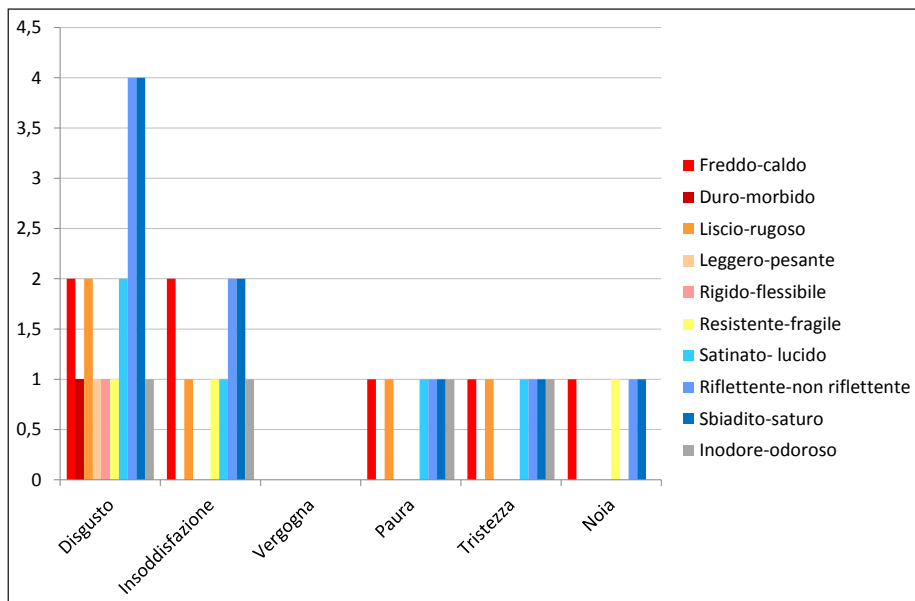
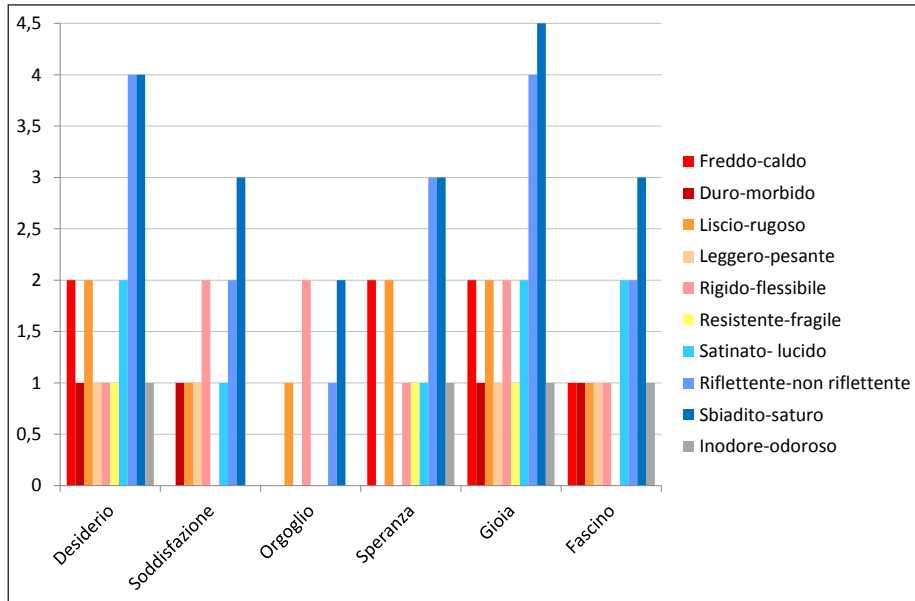
I parametri maggiormente associati alle variazioni di emozioni positive sono la *saturatione* e la *riflettività*, entrambi correlati ad aspetti fotometrici dei campioni in analisi.

È importante ricordare che la variazione espressa **non rappresenta un giudizio positivo o negativo, ma una correlazione tra i parametri**. Per esempio nel caso del *fascino* sappiamo che c'è una correlazione forte con il parametro *sbiadito-saturo* ma dal grafico non possiamo capire se il *fascino* aumenti o diminuisca né se lo faccia per un oggetto più *sbiadito* o più *saturo*. Per la lettura di tali dati dobbiamo rifarci ai grafici

¹¹ APPENDICE II: analisi dati indagine sperimentale, pp.221-224.

	Desiderio	Soddisfazione	Orgoglio	Speranza	Gioia	Fascino	Disgusto	Insoddisfazione	Vergogna	Paura	Tristezza	Noia	Somma
Freddo-caldo	2	0	0	2	2	1	2	2	0	1	1	1	14
Duro-morbido	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	5
Liscio-rugoso	2	1	1	2	2	1	2	1	0	1	1	0	14
Leggero-pesante	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	5
Rigido-flessibile	1	2	2	1	2	1	1	0	0	0	0	0	10
Non elastico-elastico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Resistente-fragile	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	6
Opaco-Trasparente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Satinato- lucido	2	1	0	1	2	2	2	1	0	1	1	0	13
Riflettente-non riflettente	4	2	1	3	4	2	4	2	0	1	1	1	25
Sbiadito-saturo	4	3	2	3	5	3	4	2	0	1	1	1	29
Suono piacevole-sgradevole	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inodore-odoroso	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	8
Somma	19	11	6	14	21	13	19	10		6	6	4	

Tabella 24. Correlazione tra variazione emozionale e parametri sensoriali.



presentati nei precedenti paragrafi¹², che presentano in dettaglio quali emozioni e parametri variano in funzione dell'invecchiamento e con quale intensità. In questo caso specifico l'analisi di tali dati ci permette di sapere che **la variazione dell'emozione fascino, da oggetto nuovo ad invecchiato, è vista come positiva, mentre tutte le altre variazioni comportano un peggioramento dell'attaccamento emotivo.**

In questo modo un designer che voglia stimolare emozioni positive dovrà giocare, a livello materico e di progetto, su parametri quali saturazione o riflettività, una loro variazione dovuta al passaggio del tempo provocherà infatti una decisa modifica dell'attaccamento emotivo tra oggetto e utente.

I parametri maggiormente associati alle variazioni di emozioni negative sono la *saturazione* e la *riflettività*, entrambi correlati ad aspetti fotometrici dei campioni in analisi. Si nota come **la correlazione tra parametri sensoriali ed emozioni negative sia meno forte rispetto a quella delle emozioni positive**, alcuni parametri tattili come la leggerezza e la rigidità compaiono infatti solo per l'emozione disgusto.

5.3.3.3.2 Livello 2

Aspetti tattili

Gli aspetti tattili che influenzano maggiormente la percezione sono il *calore* e la *rugosità* del materiale, gli aspetti meno influenti risultano invece la *durezza* e la *leggerezza*. La distribuzione delle correlazioni risulta molto uniforme, ciascun parametro è stato infatti valutato con un punteggio variabile da 0 a 2 punti, significativo della difficoltà a trovare delle correlazioni molto forti tra variazione emozionale e variazione di parametri tattili.

Aspetti fotometrici

Il parametro che maggiormente influenza la variazione emotiva è la saturazione cromatica, in particolare per le emozioni *gioia*, *desiderio* e *disgusto*. Altro parametro importante è la *riflettività*, responsabile della variazione emotiva di *desiderio*, *gioia* e *fascino*. I parametri fotometrici ottengono valutazioni alte, significativo di come essi siano strettamente correlabili con variazioni della percezione emotiva.

Aspetti olfattivi

12 Valutazione della variazione emozionale, grafico 37, pp. 129; Valutazione della percezione sensoriale, grafico 43, pp. 134.

Grafico 44. Correlazione tra variazione delle emozioni positive e parametri percettivi. Con i colori caldi sono rappresentati i parametri tattili, con i colori freddi quelli visivi e in grigio quelli olfattivi.

Grafico 45. Correlazione tra variazione delle emozioni negative e parametri percettivi. Con i colori caldi sono rappresentati i parametri tattili, con i colori freddi quelli visivi e in grigio quelli olfattivi.

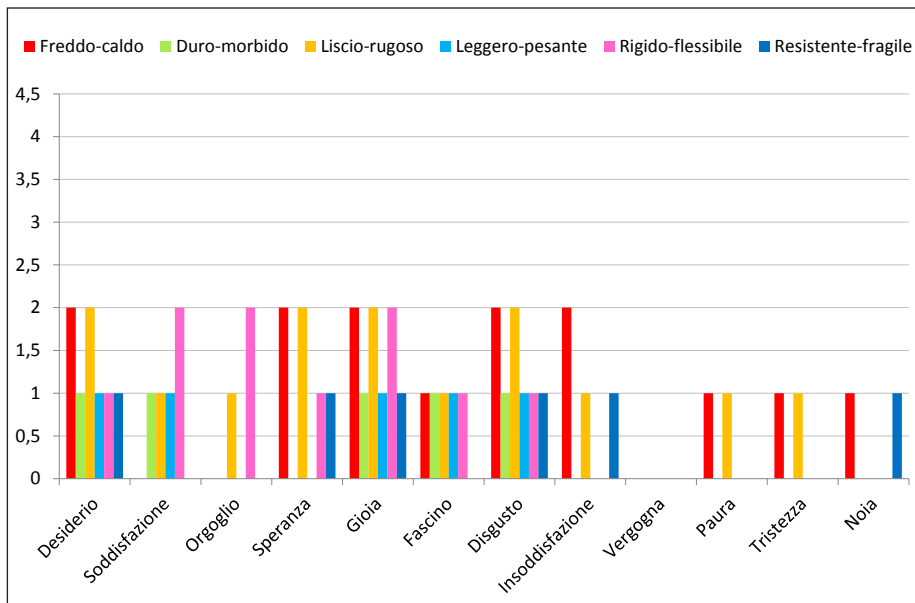


Gráfico 46. Correlazione tra variazione degli aspetti tattili ed emozioni.

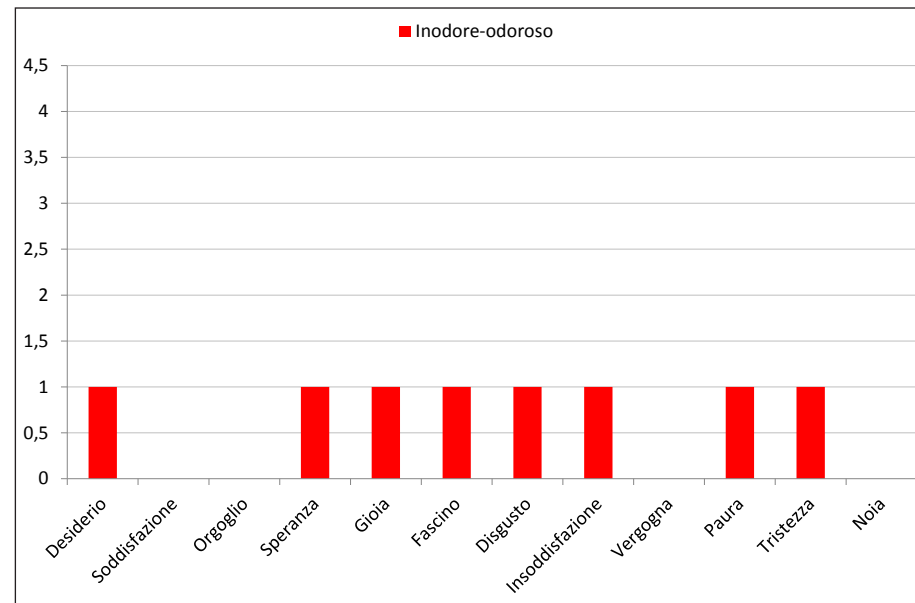


Gráfico 48. Correlazione tra variazione degli aspetti olfattivi ed emozioni.

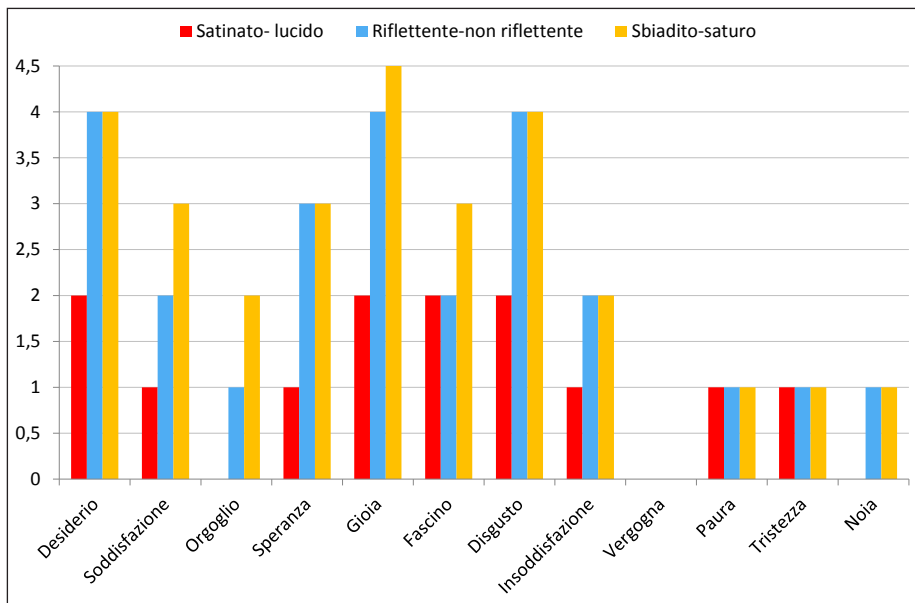


Gráfico 47. Correlazione tra variazione degli aspetti fotometrici ed emozioni.

La variazione di profumazione dei materiali invecchiati non risulta particolarmente importante ai fini di una valutazione emotiva, le correlazioni risultano infatti comprese tra 0 e 1 punto.

5.3.3.3 CONCLUSIONI

Nella famiglia di materiali analizzati è la *gioia* l'emozione con il più alto livello di dipendenza dai parametri sensoriali, seguita, in ordine di importanza, da *desiderio*, *disgusto*, *speranza*, *fascino*, *soddifazione*, *orgoglio*, *paura*, *tristezza* e *noia*. Passando dall'una all'altra categoria, la dipendenza dai parametri sensoriali diminuisce così come la loro stimolazione. L'emozione suscitata dai campioni dipende dalle caratteristiche sensoriali e tecniche del materiale ma è sicuramente condizionata dal prodotto nel quale il materiale è inglobato, per questo è stato scelto di utilizzare artefatti di uguale forma, funzione, dimensioni e colorazione neutra.

Anche nel test_1 la *vista* si colloca come stimolo sensoriale predominante nel processo di valutazione emotiva di prodotti con differenti gradi di invecchiamento. La saturazione cromatica e la riflettività sono infatti risultati i parametri che maggiormente influenzano una variazione emozionale.

A differenza del primo test ben sei dei sette parametri tattili sono risultati significativi

ai fini dell'indagine, in particolare rugosità, calore e rigidità. **In campioni privati di forme, colori e funzioni particolari, la percezione visiva perde importanza in favore di quella tattile, che permette una conoscenza della materia più intima e accurata.** Tuttavia le valutazioni associate a tali parametri sono sempre state inferiori di quelle associate a parametri fotometrici.

Anche in questo test la percezione olfattiva è stata considerata poco rilevante mentre quella sonora non è stata nemmeno rilevata. Per gli utenti è stato infatti molto difficile valutare quest'ultima proprietà in quanto i campioni, non essendo declinati in artefatti, non presentava particolari proprietà sonore.

Il grafico 48 (generato dalla tabella 24, pp. 135) rappresenta le correlazioni tra variazioni percettive e sensoriali, ma a differenza dei precedenti grafici 3D le variazioni sono rappresentate in valore assoluto. Inoltre nel grafico la percezione non è più associata al singolo materiale ma viene generalizzata su tutta la classe di materiali in analisi. Il grafico può essere utilizzato come strumento per il designer che vuole **progettare oggetti collocati nel tempo, e non più nel semplice "qui ed ora"**.

Scheda 6: Correlazione tra variazione emozionale e parametri sensoriali test_1

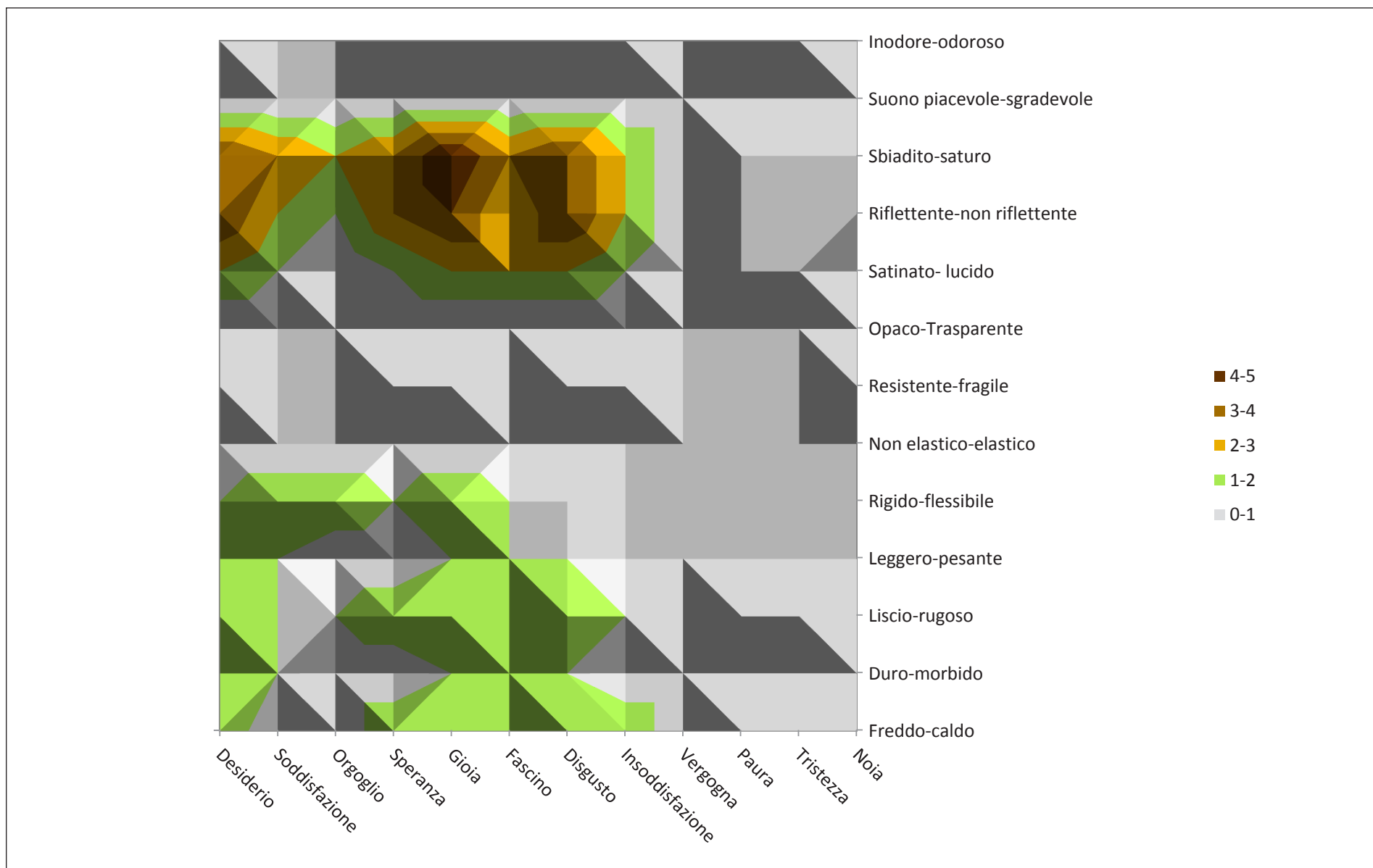


Grafico 49. Correlazione tra variazione emozionale e parametri sensoriali.

5.4 Confronto tra i risultati

Data la diversità tra i campioni utilizzati nei due test non è stato possibile tracciare un confronto diretto tra i risultati ottenuti. Gli oggetti del test_0 sono infatti caratterizzati da forma, colore e funzione particolare mentre quelli del test_1 hanno geometria e dimensioni standard (100x100x3 mm), funzione non definita e colorazione neutra.

Esistono inoltre differenze di invecchiamento percepibile tra i campioni dello stesso materiale nei due test, per esempio il bicchiere in PMMA del test_0 manifesta un forte ingiallimento mentre il corrispettivo campione usato nel test_1 non ha subito modificazioni visibili dopo i tre mesi di esposizione previsti).

Tali differenze possono essere collegate ai diversi gradi di additivazione a cui sono stati sottoposti, in fase produttiva, i campioni in analisi. La lastra in PMMA (usata per i campioni del test_1), viene infatti commercializzata per la creazione di vetrate di qualità ottica anti-rottura, è stata quindi additivata fortemente per poter resistere ad un'esposizione prolungata ad agenti atmosferici e alla radiazione ultravioletta. Viceversa il bicchiere in PMMA non ha subito una stabilizzazione sufficiente agli UV, in quanto la funzione d'uso di tale oggetto non è stata progettata per l'esposizione diretta ad agenti degradanti.

Questo non ha reso possibile confrontare direttamente i risultati ottenuti dai due differenti test, tuttavia è stato possibile tracciare qualche conclusione di carattere generale.

In primo luogo è interessante notare come la media delle variazioni emozionali (tabella 25, pp.185 e tabella 71, pp. 211¹³) e sensoriali (tabella 36, pp.189 e tabella 82, pp. 216¹⁴) ottenute nei due differenti test siano perfettamente confrontabili. Nel primo test infatti la variazione emozionale è stata valutata con un valore medio di 0,48 punti, mentre quella percettiva con il valore di 0,44 punti; nel secondo test invece tale variazione è stata valutata con il valore di 0,22 sia per la percezione emozionale che per quella sensoriale. **Emozioni e percezioni sensoriali legate all'invecchiamento dei materiali risultano quindi strettamente correlate.** Non importa infatti l'intensità della variazione emozionale o sensoriale, che pare strettamente legata alla tipologia di oggetto in analisi, ma la relazione tra i due parametri. Ciò è significativo di come la mente umana faccia fatica a valutare significativamente un singolo oggetto; il nostro pensiero procede infatti per discriminazione tra coppie contrastanti (positivo-negativo, nuovo-vecchio, ...) e **permette di giudicare le differenze tra tali coppie con estrema oggettività.**

Da entrambi i test è emersa inoltre una generale **percezione negativa degli oggetti in-**

13 APPENDICE II: analisi dati indagine sperimentale.

14 APPENDICE II: analisi dati indagine sperimentale.

vecchiati, i materiali che manifestavano segni visibile del passaggio del tempo (scolorimenti, ingiallimento, graffi,..) sono stati valutati infatti come meno appetibili rispetto ai corrispettivi nuovi. Questo significa che un oggetto con il passare del tempo perde inevitabilmente la sua accezione positiva nella nostra percezione. Grazie ai risultati di questo studio tale modifica viene però **quantificata e correlata a parametri precisi** che, se tenuti in considerazione durante la progettazione, possono ad esempio limitare l'evolvere (o il variare) della percezione del prodotto nel tempo.

È interessante osservare come l'emozione *fascino* in entrambi i test è stata associata a materiali invecchiati (vedi grafico 2, pp.100 e grafico 27, pp.123), mentre quella di *noia* ai materiali nuovi (vedi grafico 3, pp.101 e grafico 28, pp.123). **Questi valori manifestano un interesse dell'utente nei confronti dell'invecchiamento, che sembra aggiungere valore ad oggetti che esprimono una storia.** Un'altra via interessante per il progettista potrebbe essere quindi quella di agire sul mantenimento di proprietà meccaniche dei materiali (additivando appositamente la materia vergine e progettando tenendo in considerazioni le naturali modifiche delle suddette proprietà, col passare del tempo) valorizzandone però la variazione di proprietà ottiche e di rugosità superficiale. **L'invecchiamento diventa quindi un possibile spunto progettuale che, attraverso variazioni cromatiche, tattili e olfattive conferisce unicità ad artefatti prodotti serialmente.**

Infine possiamo notare come in entrambi i test **le caratteristiche sensoriali che maggiormente hanno influito sulla percezione emozionale sono state quelle visive**, in particolare il parametro della saturazione cromatica, (intesa anche come ingiallimento nei materiali trasparenti), è risultato il più significativo. In fase progettuale il designer dovrebbe quindi considerare con molta attenzione questo parametro, poiché a una sua trasformazione nel tempo sono strettamente legate variazioni dell'attaccamento emotivo da parte dell'utente, che potrebbe portare a una dismissione precoce di artefatti ancora funzionanti.

5.5 Bibliografia del capitolo

Crippa G., (2010), *Emotional materials, L'emozione suscitata dai materiali nei prodotti industriali*, tesi di laurea, Politecnico di Milano.

Desmet P.M.A., Overbeeke C.J., Tax S.J.E.T., (2001), *Designing products with added emotional value: development and application of an approach for research through design*, The Design Journal, Vol. 4, N°1, pp. 32-47.

Desmet, P.M.A., Hekkert, P., (1998), *Emotional reactions elicited by car design: a measurement tool for designers*, Proceedings of the 31st ISATA conference Düsseldorf, Germany, 237-244.

Ferrarese G., (2009), *Elementi di Statistica: Le medie, Dispense corso di scienze naturali*, Torino, Politecnico di Torino.

Gorno R., (2010), *Designing emotions through industrial products features*, Politecnico di Milano, Milano.

Gussoni M., Monticelli G., Vezzoli A., (2006), *Dallo stimolo alla sensazione, fisiologia degli organi di senso*, Casa Editrice Ambrosiana, Milano.

Karana E., (2009), *Meaning of materials*, Tesi di dottorato presso TU Delft Netherlands.

Karana E. (2010), *Meanings of materials: findings and implications*, Proceedings of TMCE 2010 Symposium, Ancona.

Karana, E., Van Weelderden, W., Van Woerden, E. (2007), *The effect of form on attributing meanings to materials*, ASME International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, Las Vegas.

Karana E., Hekkert, P., (2010), *User- material-product interrelationships in attributing meanings*, International Journal of Design, 4(3), pp. 43-52.

Karana E., Hekker P., Kandachar P., (2008), *Material considerations in product design: A survey on crucial material aspects used by product designers*, Materials & Design, Vol. 29, pp. 1081–1089.

Karana E., Hekkert P., Kundachar P., (2008), *Meanings of materials through sensorial properties and manufacturing processes*, Materials & Design, vol.30, pp. 2778–2784.
Miller, E. A., (1972), *Interaction of vision and touch in conflict and nonconflict form perception tasks*, Journal of Experimental Psychology, vol. 96, pp. 114–123.

Rognoli V., Levi M., (2004), *Materiali per il design: espressività e sensorialità*, Milano, Polipress.

Schifferstein H.N.J., (2005), *The perceived importance of sensory modalities in product usage: A study of self-reports*, Elsevier B.V .

Woolley M., (2003), *Choreographing Obsolescence – Ecodesign: the Pleasure/Dissatisfaction Cycle*, Designing Pleasurable Products and Interfaces Conference, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, USA.

www.treccani.it
www.premotool.com

www.susagroup.com

6. ANALISI S.W.O.T

6.1 Utilità dell'analisi

Dopo aver analizzato le differenti tematiche relative all'invecchiamento delle materie plastiche risulta utile sviluppare un'attenta analisi della ricerca fin qui svolta, che aiuti a meglio inquadrare la collocazione ed il possibile sviluppo di questo elaborato di tesi. La metodologia selezionata è stata l'analisi S.W.O.T., in quanto essa consente di riassumere ed elencare criticamente i punti nodali della strategia progettata per il tempo fungendo da input per studi futuri.

“L'analisi S.W.O.T. è una metodologia sistematica, nonché uno strumento di marketing, il cui obiettivo principale è quello di facilitare l'elaborazione e la gestione di strategie di analisi e di intervento. Essa consente, cogliendo gli aspetti importanti di realtà complesse, di stabilire quali sono le priorità di cui tener conto nella definizione degli obiettivi e delle azioni programmatiche (scelte strategiche) all'interno di un processo decisionale. Il grande pregio di questa metodologia di analisi è quella di riuscire a focalizzare l'attenzione sulle interrelazioni che connettono le componenti di un sistema.”¹

Tale tecnica è attribuita ad Albert Humphrey ricercatore dell'Università di Stanford che, negli anni sessanta e settanta, utilizzando i dati forniti dalla Fortune 500, sviluppò la metodologia S.W.O.T. come supporto alla definizione di strategie aziendali in contesti caratterizzati da incertezza e forte competitività. A partire dagli anni '80 è stata utilizzata come supporto alle scelte di intervento pubblico per analizzare *scenari alternativi di sviluppo*. Recentemente l'utilizzo di questa tecnica è stato esteso alla valutazione dei programmi regionali e alle diagnosi territoriali in quanto i regolamenti comunitari ne richiedono l'utilizzo per la validazione delle specifiche proposte di piani

¹ Williamson D., Cooke P., Jenkins W., Moreton K. M., (2004), *Strategic Management and Business Analysis*, Elsevier Butterworth- Heinemann, Oxford.

e programmi.

L'analisi S.W.O.T. può essere applicata:

- Nella fase di avvio del processo decisionale, quando vengono fissate le priorità strategiche per il futuro sviluppo del sistema.
- In ogni fase di rilevante importanza del processo decisionale, quando è necessario attuare scelte decisive.
- Al termine del processo per valutare il livello di soddisfazione delle aspettative iniziali.

L'acronimo S.W.O.T. sta per:

- **Strengths** (Forze)
- **Weaknesses** (Debolezze)
- **Opportunities** (Opportunità)
- **Threats** (Minacce)

Forze e debolezze sono parametri **interni all'analisi**, presenti nel momento attuale in cui l'analisi viene sviluppata mentre **opportunità e minacce** sono fattori che potranno presentarsi nel **futuro** sviluppo dell'area analizzata.

I **punti di forza** sono quegli elementi che favoriscono lo sviluppo ed il progredire dell'area in analisi, sono le cosiddette *aree di eccellenza*. L'analisi dei punti di forza può generare risultati molto diversificati, mettendo in luce particolari sorprendenti che inizialmente non apparivano come punti di forza, o svelandone altri che pur apparendo forti nascondevano debolezze intrinseche. L'analisi porta alla definizione di punti di forza *hard*, di imprescindibile importanza e primaria importanza, e punti di forza *soft*, ovvero fattori positivi non di primario impatto. Spesso sono proprio le *soft strengths* a risultare più interessanti, perché sono talmente complementari alle *hard strengths* da rafforzarne il peso².

I **punti di debolezza** sono gli ostacoli che devono essere superati per garantire lo sviluppo dell'area in analisi. Il superamento delle debolezze garantisce un alto margine di miglioramento. Il parametro può essere catalogabile in *soft* e *hard* anche in questo caso sono spesso le *soft weaknesses* a risultare più importanti. La loro individuazione risulta infatti più ardua e insidiosa, per la loro natura più latente. Tuttavia i punti di debolezza *soft*, se correlati con punti di debolezza *hard*, possono innescare reazioni congiunte inaspettate capaci di compromettere l'esito finale della scelta strategica. L'individuazione dei punti di debolezza risulta essere l'operazione più delicata dell'intero processo, in quanto essa richiede obiettività, libertà, capacità di distacco e visione globale.

Dopo aver analizzato forze e debolezze si individuano le loro possibili combinazioni

² www.marketingteacher.com, consultato il 23/10/2012.

sinergiche capaci di trasformarsi in opportunità o minacce nel futuro sviluppo della ricerca.

Le **opportunità** rappresentano i possibili vantaggi futuri necessari per lo sviluppo dell'area oggetto di analisi. L'identificazione delle opportunità consente uno sfruttamento adeguato e mirato delle proprie risorse, compiendo anticipatamente una stima dello sviluppo della strategia stessa. Si possono distinguere in *opportunità interne*, direttamente manovrabili attraverso l'analisi S.W.O.T.; e in *opportunità esterne*, indipendenti dal sistema e proprie del contesto in cui il sistema è calato.

Le **minacce** rappresentano i possibili svantaggi o mutamenti futuri che potrebbero avere un grosso impatto sui risultati della strategia identificata. È fondamentale l'elencazione delle possibili minacce, al fine di sviluppare strategie utili ad affrontarle, minimizzarle o gestirle. Anch'esse si possono dividere in *minacce interne*, gestibili agendo sui punti di debolezza, e *minacce esterne*, indipendenti dalla capacità decisionale di chi elabori l'analisi S.W.O.T.

*"Le minacce sono rappresentate da una tendenza o da uno specifico elemento di disturbo, che se non individuati o trascurati potrebbero danneggiare e addirittura portare al declino del sistema."*³

Output finale di questo tipo d'analisi è una matrice 2x2 composta dai parametri elencati in precedenza, riportata nella tabella 1.

³ www.marketingteacher.com, consultato il 23/10/2012.

	Analisi Interna		
		Forze	Debolezze
Analisi esterna	Opportunità	Proprietà naturali che sono già conosciute <i>Strategie S-O:</i> Sviluppare nuove metodologie in grado di sfruttare i punti di forza dell'azienda.	Opzioni potenzialmente interessanti <i>Strategie W-O:</i> Eliminare le debolezze per attivare nuove opportunità.
	Minacce	Problematiche facili da difendere e contrastare <i>Strategie S-T:</i> Sfruttare i punti di forza per difendersi dalle minacce.	Situazioni ad elevato rischio <i>Strategie W-T:</i> Individuare piani di difesa per evitare che le minacce esterne acuiscono i punti di debolezza.

Tabella 1. Matrice S.W.O.T.

Come si è evinto esistono delle possibili sinergie e delle relazioni specifiche tra i parametri appena descritti.

“La relazione tra i quattro parametri non è né scontata né automatica. Infatti, occorre promuovere le forze in modo da trasformarle in opportunità e soprattutto gestire le debolezze come aree di intervento con l’obiettivo di impedirne la trasformazione in minacce. La preconditione è che un sistema debba perseguire i traguardi, le opportunità e le strategie suggerite dai suoi punti di forza o congruenti con essi, evitando di fissare traguardi sovradimensionati per i quali le sue risorse sono insufficienti a contrastare gli ostacoli.”⁴

L’approccio S.W.O.T. consente di definire con chiarezza una strategia di sviluppo per l’area analizzata, suggerendo i passaggi da seguire e gli errori da evitare.

“La buona riuscita dell’analisi dipende dalla capacità di saper individuare in modo approfondito, tutti i fattori coinvolti nell’analisi e dalla possibilità di realizzare un’efficace lettura incrociata. Fondamentale inoltre, per questo tipo di analisi è circoscrivere l’oggetto e avere ben chiaro il proprio obiettivo, altrimenti l’analisi risulterà generica e di conseguenza inefficace.”⁵

Sinteticamente sono riportati i vantaggi e gli svantaggi legati all’utilizzo della seguente analisi:

Vantaggi

- Un’abile interpretazione dei dati raccolti nella fase di analisi preliminare del contesto si traduce in una puntuale delineazione delle strategie.
- La verifica di corrispondenza tra strategia e fabbisogni porta ad un potenziamento della efficacia raggiunta
- Nel caso in cui l’analisi sia svolta da team interdisciplinari (analisi partecipata) consente di raggiungere un maggiore consenso sulle strategie da attuare.

Svantaggi

- Rischio di procedure soggettive da parte del team di valutazione nella selezione delle azioni.
- Rischio di rappresentazione del contesto in maniera eccessivamente semplicistica.
- Se la sua attuazione non avviene in un contesto di partnership, esiste il rischio di uno scollamento tra il piano teorico e quello politico-pragmatico.

⁴ Bellandi G., (2005), *Il marketing del prodotto*, quaderno di formazione per allievi ingegneri gestionali, Pisa.

⁵ Analisi SWOT, *Come analizzare contestualmente punti di forza e criticità del contesto interno ed esterno*, www.urp.it, consultato il 23/10/2012

L’analisi si sviluppa in diverse fasi:

1. Identificazione chiara degli obiettivi dell’analisi S.W.O.T.
2. Scelta della tipologia di analisi, *desktop* (realizzata dal singolo ricercatore) o *partecipata* (realizzata da un team di ricercatori ed esperti del settore).
3. Raccolta delle informazioni attraverso monitoraggio del mercato, l’analisi deve tenere conto delle caratteristiche peculiari del contesto in cui si opera, ponendo attenzione ai segnali deboli e all’individuazione dei segmenti di mercato non coperti.
4. Brainstorming per l’individuazione dei **Punti di forza**.
(Quali sono i punti di vantaggio della proposta? Quali le peculiarità distintive della stessa?)
5. Brainstorming per l’individuazione dei **Punti di debolezza**.
(Quali sono i punti di svantaggio della proposta? Quali le difficoltà di realizzazione? Qual è l’affidabilità dei dati?)
6. Brainstorming per l’individuazione delle **Opportunità**.
(Quali sono gli sviluppi futuri? Quali sono i campi applicativi? Quali sono le vulnerabilità delle alternative?)
7. Brainstorming per l’individuazione delle **Minacce**.
(Quali sono gli effetti politici, legali e legislativi? Quali sono le debolezze insormontabili?)
8. Considerazioni finali volte a rispondere a ciascuna delle seguenti cinque domande: come possiamo utilizzare e sfruttare ogni forza? Come possiamo migliorare ogni debolezza? Come si può sfruttare e beneficiare di ogni opportunità? Come possiamo ridurre ciascuna delle minacce? Come far lavorare in modo sinergico forze ed opportunità e, viceversa, scongiurare possibili interazioni tra debolezze e minacce?
9. Valutazione e applicazione delle opportunità più promettenti per la formalizzazione di una *strategia di azione*.

6.2 Analisi S.W.O.T. “valutazione emozionale e sensoriale dei prodotti invecchiati” (test_0, test_1)

Lo scopo dei test è quello di scoprire come varia l’affezione dell’utente rispetto ad oggetti invecchiati, correlando alla variazione emozionale i parametri sensoriali responsabili di tale variazione percettiva.

Obiettivo dell’analisi S.W.O.T. è quello di identificare in modo quanto più esaustivo le forze, debolezze, opportunità e minacce dei test sperimentali sviluppato nella tesi, al fine di ideare delle strategie di sviluppo future. Si è deciso di sviluppare un’analisi S.W.O.T. di tipologia desktop, ovvero condotta singolarmente.

Punti di forza (Strengths)

- Uso di un metodo solido e già precedentemente utilizzato.
Premo: 6 differenti versioni sviluppate dal 2002 al 2012, validate attraverso opportuni test eseguiti su diversi soggetti per entrambe le culture occidentali e orientali. Le 12 emozioni presentate, 6 positive (soddisfazione, fascino, gioia, orgoglio, speranza, desiderio) e 6 negative (disgusto, insoddisfazione, vergogna, paura, noia, tristezza), sono rappresentative delle emozioni maggiormente suscitate dai prodotti industriali. Rappresentazione pittografica di ciascuna emozione per evitare incomprensioni tra utenti di differenti etnie e livello culturale.
Questionario Pittografico: 4 differenti versioni realizzate dal 2008 al 2010, validate attraverso opportuni test eseguiti su diversi soggetti per entrambe le culture occidentali e orientali, al fine di identificare i parametri sensoriali maggiormente significativi per la descrizione di materiali. Rappresentazione pittografica di ciascun parametro per evitare incomprensioni tra utenti di differenti etnie e livello culturale.
- Possibilità di valutare l'affezione emotiva degli utenti nei confronti degli oggetti invecchiati.
- Comprensione delle emozioni maggiormente coinvolte rispetto alla valutazione dei prodotti invecchiati, ovvero: soddisfazione, orgoglio, gioia, insoddisfazione, disgusto e paura.
- Comprensione delle percezioni sensoriali maggiormente significative per i prodotti invecchiati, ovvero: rugosità, morbidezza, lucentezza, saturazione cromatica.
- Conferma di come il parametro sensoriale dominante sia la vista, in grado di influenzare maggiormente le variazioni emotive tra oggetti nuovi ed invecchiati. Tale parametro risulta seguito da tatto, odorato e udito.
- Possibile progettazione di oggetti consapevole delle variazioni del prodotto nel tempo. In questo modo i prodotti potrebbero essere pensati in modo tale che il passaggio del tempo valorizzi i parametri sensoriali valutati positivamente nei test.
- Scelta più consapevole del materiale durante la fase progettuale, con uno sguardo critico alla sua evoluzione nel tempo. Ad esempio dai test effettuati è emerso che l'ingiallimento provocato da esposizione a raggi UV viene percepito in maniera più negativa in materiali trasparenti rispetto a materiali opachi. Quindi se ai fini progettuali non è fondamentale la trasparenza del materiale è meglio selezionare materiali colorati.

Punti di forza debolezza (Weaknesses)

- Scarsa bibliografia di riferimento sull'affezione emotiva agli oggetti invecchiati.
- Limitazioni della qualità dei dati raccolti nelle due indagini sperimentali, a causa

di un target di riferimento molto ristretto (che non permette analisi dei dati di tipo statistico).

- Difficoltà di confronto dei dati raccolti nei due test a causa di una differenziazione elevata di caratteristiche sensoriali e funzionali dei campioni in analisi (oggetti con forme, colori e funzioni diversi).
- Difficoltà di oggettivazione della valutazione emozionale.
- Panel limitato

Opportunità (Opportunities)

- Possibilità di allargare la valutazione emozionale dell'invecchiamento ad altre classi di materiali.
- Possibilità di aumentare il target di riferimento dell'indagine sperimentale ai fini di condurre una analisi statistica dei dati raccolti.
- Valutazione dell'influenza di ogni singolo parametro sulla percezione dell'oggetto invecchiato (es: influenza del colore, della forma, della funzione).
- Possibilità di valutare l'influenza del tempo di esposizione sulla variazione emozionale e sensoriale, al fine di comprendere quanto l'oggetto deve essere degradato per provocare una variazione emotiva significativa nell'utente (test che presentino il campione dello stesso materiale con 3-4 differenti gradi di invecchiamento).
- Possibile interesse da parte della comunità scientifica, dimostrato dalla recente pubblicazione di papers rispetto ai temi affini di: legame utente-prodotto⁶, percezione⁷, emozione⁸.
- Possibilità di sviluppare ulteriormente la ricerca, in collaborazione con differenti ambiti di ricerca, con la finalità di sviluppare specifici strumenti di comunicazione dei dati ottenuti utili al progettista.

6 Chapman J., (2005), *Emotionally Durable Design: Objects, Experiences and Empathy*, Earthscan, Londra.

Woolley M., (2003), *Choreographing Obsolescence – Ecodesign: the Pleasure/Dissatisfaction Cycle*, Designing Pleasurable Products and Interfaces Conference, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, USA.

7 Anna Fenko, Schifferstein H. N.J., Hekkert P., (2009), *Shifts in sensory dominance between various stages of user-product interactions*, Journal of Applied Ergonomics, vol. 30, pp. 1–7.

Karana E., Hekkert P., Kandachar P., (2009), *Meanings of materials through sensorial properties and manufacturing processes*, Materials and Design, vol. 30, pp. 2778-2784.

8 Desmet, P.M.A., & Hekkert, P. (2002) "The basis of product emotions", W. Green W., Jordan P., *Pleasure with Products, beyond usability*, Londra, Taylor & Francis, pp. 60-68.

Desmet P.M.A., Overbeeke C.J., Tax S.J.E.T., (2001), *Designing products with added emotional value: development and application of an approach for research through design*, The Design Journal, vol.4, n°1, pp. 32-47.

Karana, E., & Hekkert, P. (2010). *User- material-product interrelationships in attributing meanings*. International Journal of Design, 4(3), 43-52.

Minacce (Threats)

- Rischio di generalizzazione di valutazioni difficilmente oggettivabili.
- Difficoltà di analisi statistiche su dati qualitativi.
- Difficoltà a delineare trend specifici per singolo materiale.
- Difficoltà di applicazione dei risultati emersi in ambito progettuale, necessità di sviluppare precise linee guida o progettare strumenti di comunicazione dei risultati.
- Difficoltà di comunicazione dei risultati.

6.3 Analisi S.W.O.T. “progettare per il tempo”

La strategia è finalizzata all’inserimento in fase progettuale, di valutazioni rispetto all’evoluzione dei materiali nel tempo (dal punto di vista strutturale e percettivo).

Il prodotto è una realtà dinamica, che si modifica nel tempo. Questo è dovuto all’uso che ne facciamo, al contesto in cui viene collocato (interno, esterno, temperature d’utilizzo, etc.) e ai materiali di cui è composto. Proprio sui materiali ha posto l’attenzione questo elaborato di tesi.

Il fine è quello di aumentare la consapevolezza del designer rispetto a quello che, inevitabilmente, accadrà al prodotto da lui disegnato nel giro di pochi mesi, anni, decenni. Ulteriore obiettivo, più ampiamente legato al tema della responsabilità del progettista e della sostenibilità ambientale è quello di proporre spunti affinché l’invecchiamento del materiale non coincida con il suo *degrado* strutturale e percettivo, ma anche con una possibile *maturazione* dello stesso che stimoli una maggiore fascinazione dell’utente, incrementandone il valore emozionale e quindi, possibilmente, estendendone il ciclo di vita.

Obiettivo dell’analisi S.W.O.T. è quello di identificare in modo quanto più esaustivo le forze, debolezze, opportunità e minacce dell’approccio di *progettare per il tempo* sviluppato nella tesi, al fine di ideare delle strategie di attuazione della stessa, nonché collocarla in contesti futuri, con intenzione quanto più propositiva. Si è deciso di sviluppare un’analisi S.W.O.T. di tipologia desktop, ovvero condotta singolarmente.

Punti di forza (Strengths)

- Grande interesse della comunità scientifica sulla valutazione emozionale degli oggetti limitato tuttavia ai soli oggetti nuovi, senza tener conto di come essi evolveranno nel tempo. La ricerca svolta si concentra invece sulla fase d’uso, valutando l’attaccamento emotivo di prodotti veri e non idealizzati.
- Metodo di ricerca scientificamente comprovato e completo, in quanto unisce considerazioni sull’invecchiamento chimico-fisico dei materiali (ricavate da letteratura scientifica finalizzata all’ingegneria dei materiali) ad una valutazione emozionale e percettiva (ricavate da letteratura scientifica finalizzata al design).
- Trasferimento di conoscenze già note dall’ingegneria dei materiali all’ambito del

progetto, rendendole fruibili per il designer. Concetto di “trasferimento tecnologico”.

Punti di forza debolezza (Weaknesses)

- Gli studi tecnici e scientifici sull’invecchiamento ad oggi risultano parziali, in quanto non finalizzati al design. Tali studi riportano infatti i risultati della degradazione di materiali non stabilizzati, e quindi non presenti in commercio.
- Limitazioni della qualità dei dati raccolti nelle due indagini sperimentali, a causa di un target di riferimento molto ristretto (che non permette analisi dei dati di tipo statistico).
- Tempi molto lunghi di ottenimento dei dati dalle analisi sperimentali e di rielaborazione degli stessi.

Opportunità (Opportunities)

- Gli studi precedenti sono incentrati sulla valutazione emozionale di oggetti molto vicini alla fase produttiva mentre la ricerca attuale si focalizza sulla fase d’uso. Il metodo potrebbe quindi essere utilizzato per studi di settore su determinati prodotti che fanno della durabilità un punto di forza. Comprendere la variazione emozionale dell’oggetto nel tempo può infatti portare le aziende ad una progettazione più consapevole, legata ad una fidelizzazione dell’acquirente nel tempo.
- Apertura di un nuovo filone di ricerca per il design incentrato sulla progettazione nel tempo dei prodotti.
- Sostenibilità ambientale in funzione di prodotti ai ciclo di vita allungato.
- Riduzione dell’estrazione di materie prime in quanto il prodotto non necessita di una continua sostituzione.
- Riduzione dell’impatto ambientale, dovuto alla maggiore durata della vita del prodotto.

Minacce (Threats)

- Progettare per il tempo, ottimizzando quindi la vita utile dei prodotti, può essere mal interpretato come allungamento del ciclo di vita, e quindi non applicabile a tutte le categorie merceologiche (non tutti gli oggetti possono essere progettati per durare nel tempo).
- Normative di qualità sui materiali che devono mantenere nel tempo determinate prestazioni.

6.4 Bibliografia del capitolo

Bellandi G., (2005), *Il marketing del prodotto*, quaderno di formazione per allievi ingegneri gestionali, Pisa.

Chapman J., (2005), *Emotionally Durable Design: Objects, Experiences and Empathy*, Earthscan, Londra.

Desmet, P.M.A., & Hekkert, P. (2002) “ The basis of product emotions”, W. Green W., Jordan P., *Pleasure with Products, beyond usability*, Londra, Taylor & Francis, pp. 60-68.

Desmet P.M.A., Overbeeke C.J., Tax S.J.E.T., (2001), *Designing products with added emotional value: development and application of an approach for research through design*, The Design Journal, vol.4, n°1, pp. 32-47.

Desmet, P.M.A., Jacobs J.J., Hekkert, P.,(2000), *When A Car Makes You Smile: Development and Application of an Instrument to Measure Product Emotions*, Advances in Consumer Research, vol. 27, pp. 111-117.

Fenko A., Schifferstein H. N.J., Hekkert P., (2009), *Shifts in sensory dominance between various stages of user-product interactions*, Journal of Applied Ergonomics, vol. 30, pp. 1-7.

Karana, E., & Hekkert, P. (2010). *User-material-product interrelationships in attributing meanings*. International Journal of Design, 4(3), 43-52.

Karana E., Hekkert P., Kandachar P., (2009), *Meanings of materials through sensorial properties and manufacturing processes*, Materials and Design, vol. 30, pp. 2778-2784.

Williamson D., Cooke P., Jenkins W., Moreton K. M., (2004), *Strategic Management and Business Analysis*, Elsevier Butterwoth- Heinemann, Oxford.

Woolley M., (2003), *Choreographing Obsolescence – Ecodesign: the Pleasure/Dissatisfaction Cycle*, Designing Pleasurable Products and Interfaces Conference, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, USA.

Analisi SWOT, *Come analizzare contestualmente punti di forza e criticità del contesto interno ed esterno*, www.urp.it, consultato il 23/10/2012

www.marketingteacher.com.

7. CONCLUSIONI

πάντα ῥεῖ, tutto scorre, tutto si trasforma, e l'oggetto perfetto prodotto industrialmente cambia allontanandosi sempre più dall'idea di freschezza e novità che risultava attrattiva nel momento dell'acquisto. L'uso, il contesto in cui sono collocati (interno, esterno, temperature d'utilizzo, etc.) e i materiali di cui sono composti modificano inesorabilmente ogni cosa che ci circonda.

Progettiamo oggetti che possano durare nel tempo ma raramente ci interroghiamo su come essi cambieranno a causa del tempo. Lo scopo di questa tesi è stato proprio quello di aumentare la consapevolezza del designer rispetto a quello che, inevitabilmente, accadrà al prodotto da lui disegnato nel giro di pochi mesi, anni, decenni. Introdurre quindi il parametro tempo nel processo di selezione di un materiale, in quanto attore principale della mutevolezza di tutto ciò che ci circonda.

Progettare per il tempo non significa per forza allungare la vita utile dei prodotti, ma ottimizzare, progettando in funzione di una determinata durata. Il punto è non far corrispondere all'invecchiamento un degrado strutturale e percettivo, ma una possibile maturazione, una metamorfosi che stimoli una maggiore fascinazione dell'utente, incrementandone il legame emozionale.

Solo conoscendo come invecchiamo i materiali è infatti possibile progettare i prodotti in funzione della loro vita utile, destreggiandosi tra quelle che sono le modifiche che in essi avverranno, sia da un punto di vista formale che da un punto di vista percettivo.

La ricerca si è concentrata sull'analisi dell'invecchiamento delle materie plastiche, in quanto sono esse stesse un materiale progettabile per il tempo, selezionando l'opportuna additivazione è possibile infatti modificarne completamente la resistenza ad U.V. e ad altri agenti degradanti.

Si è indagato quindi sulle cause che possono portare alla dismissione precoce di oggetti in plastica invecchiati, da tale analisi è emerso che principalmente gli oggetti vengono scartati a causa di un degrado delle loro proprietà meccaniche o ottiche, che li rendono inadeguati allo scopo per cui erano stati progettati, o a causa di obsolescenza

estetica che spezza il legame emozionale utente-prodotto.

Per questo il metodo sviluppato è stato articolato in due differenti fasi: la prima di analisi teorica sull'invecchiamento dei materiali, derivante da letteratura scientifica; la seconda di indagine sperimentale sulla valutazione emozionale e sensoriale di oggetti con differenti gradi di invecchiamento.

Lo scopo della prima fase non è stato quello di fornire dati esaustivi di confronto diretto tra l'invecchiamento dei diversi materiali ma quanto più di fornire un metodo di analisi che renda tali informazioni fruibili per il progettista. La letteratura scientifica è infatti ricca di informazioni sull'invecchiamento dei materiali polimerici, che viene però spesso analizzato dal punto di vista chimico (rottura dei legami, aumento/diminuzione di peso molecolare,...) e quindi di difficile fruibilità per competenze esterne al settore.

Per analizzare la variazione emotiva sono stati effettuati due differenti test, nel primo sono stati analizzati i materiali declinati in artefatti, mentre nel secondo test è stato valutato il materiale quanto più possibile astratto da altre variabili (geometriche, cromatiche, etc.). Passando dal primo all'ultimo test è stata operata una semplificazione formale e funzionale, passando da un artefatto noto con una funzione precisa e una forma complessa ad uno con caratteristiche formali più semplici, monomaterico ed incolore. Questa progressiva semplificazione della componente formale e funzionale, ha portato i partecipanti a concentrare l'attenzione sempre più sulle caratteristiche del materiale. Il fine perseguito dai test è l'identificazione delle variabili fisiche ed emotive che entrano in gioco nella percezione dell'invecchiamento di uno specifico materiale. La ricerca ha dimostrato che vi è un cambiamento nel legame emotivo utente-prodotto a causa del passare del tempo e che è esso è relazionabile con i cambiamenti di proprietà sensoriali. Entrambi i test hanno mostrato una percezione complessivamente negativa degli oggetti invecchiati, i materiali che dimostrano segni visibili del passaggio del tempo (scolorimenti, ingiallimento, graffi, ecc) sono stati mediamente valutati come meno attraenti rispetto ai loro corrispettivi nuovi. Ciò significa che un oggetto con il passare del tempo perde inevitabilmente la sua accezione positiva nella nostra percezione. Grazie ai risultati di questo studio tale variazione viene tuttavia quantificata e relazionata a parametri specifici che, se considerati in fase progettuale, possono ad esempio limitare l'evolvere (o il variare) della percezione del prodotto nel tempo. È emerso come la *patina* conferita dal passaggio del tempo renda gli oggetti più affascinanti e meno noiosi rispetto ai corrispettivi nuovi, l'invecchiamento può quindi aggiungere valore ad oggetti che manifestano una storia.

Le caratteristiche sensoriali che maggiormente hanno influito sulla percezione emozionale sono state quelle visive, in particolare il parametro della saturazione cromatica. In fase progettuale il designer dovrebbe quindi considerare con molta attenzione questo parametro, poiché ad una sua trasformazione nel tempo sono strettamente legate variazioni dell'attaccamento emotivo da parte dell'utente, che potrebbe por-

tare a una dismissione precoce di artefatti ancora funzionanti. L'invecchiamento diventa quindi un possibile spunto progettuale che, attraverso variazioni cromatiche, tattili e olfattive conferisce unicità ad artefatti prodotti serialmente.

Studi precedenti¹ hanno dimostrato la validità e l'interesse della comunità scientifica sulla valutazione emozionale e sensoriale di materiali e artefatti, tuttavia tali analisi si sono sempre focalizzate su oggetti nuovi, e quindi idealizzati. La ricerca svolta si concentra invece sulla fase d'uso dei prodotti, proponendo un metodo che potrebbe essere utilizzato per studi di settore su determinati prodotti che fanno della durabilità un punto di forza. Conoscere come varierà l'affezione dell'utente al prodotto a causa dell'invecchiamento materico può portare ad una progettazione più consapevole, finalizzata ad una fidelizzazione del cliente nel tempo.

In conclusione, riprendendo la domanda iniziale:

Può il tempo diventare un parametro progettuale utile nella fase di selezione dei materiali?

L'elaborato proposto ha cercato di proporre i vantaggi di una applicazione del parametro tempo fin dalla fase progettuale, fornendo al designer che voglia progettare un prodotto nel tempo, uno strumento di ricerca in grado di supportarlo nella scelta del materiale più adeguato rispetto all'effetto emozionale desiderato oltre che, ovviamente, il più adeguato rispetto alla funzione del prodotto stesso.

Solo conoscendo come invecchieranno i materiali sarà possibile progettare veramente gli oggetti in funzione della loro vita utile, fintanto che i materiali non saranno progettati per il tempo risponderanno in maniera via via differente all'invecchiamento.

Quello che si propone al progettista non è una quindi una semplice valorizzazione dei segni del tempo, ma una conoscenza critica che lo possa guidare nella progettazione di oggetti per il tempo.

Mi piace concludere con questa poesia del poeta giapponese Kenko Yoshida, che mi pare riassume con straordinaria delicatezza la bellezza del tempo che passa:

“Si devono forse ammirare i fiori solo quando sono in pieno rigoglio e la luna è tersa? (...) I fiori che cadono e il tramontar della luna sogliono riempire l'animo di melanconia. Eppure solo qualcuno dal cuore totalmente insensibile potrebbe dire: “Questo o quel ramo ha i fiori appassiti: non c'è più nulla che valga la pena di esser visto”.

Il tempo è il più grande artista che ci sia.

1 Desmet P.M.A., Overbeeke C.J., Tax S.J.E.T., (2001), *Designing products with added emotional value: development and application of an approach for research through design*, The Design Journal, Vol. 4, N°1, pp. 32-47.

Karana E. (2010), *Meanings of materials: findings and implications*, Proceedings of TMCE 2010 Symposium, Ancona.

2 Kenko Yoshida, *Tsurezure-gusa*, (Ore d'ozio), 1330-1333

BIBLIOGRAFIA e SITOGRAFIA

CAPITOLO 1

Baudrillard J., (2008), *La società dei consumi*, Il Mulino, Bologna.

Benedetto XVI, (2009), *Caritas in veritate*, Lettera enciclica del Sommo Pontefice. Libreria Editrice Vaticana, Città del Vaticano.

Bonato D., (2011), *La terza Crisi*, Edizioni Ambiente, Milano.

Colombo F., (2005), *Atlante della comunicazione*, Hoepli, Milano.

Fiorani E., (2001), *Il mondo degli oggetti*, Lupetti, Milano.

Latouche S., (2006), *Abbasso lo sviluppo sostenibile! Evviva la decrescita conviviale!*, Istrix, Torino.

Latouche S., (2008), *Breve trattato sulla Decrescita serena*, Bollani Boringhieri, Torino.

Latouche S., (2005), *Lo scenario del cambiamento. Il programma delle 8 R, La Decrescita*, www.decrescita.it, consultato il 21/10/2012.

Mazzella D., (2012), *Rapporto Rifiuti Urbani 2012*, Ispra, Roma.

Munari B., (2006), *Arte come Mestiere*, Economica Laterza, Roma.

Ostuzzi F., Salvia G., Rognoli V., Levi M., (2011), *Il valore dell'imperfezione. L'approccio wabi sabi al design*, Franco Angeli, Milano.

Perrot M. D., (2001), *Globalizzare il non senso*, L'Age d'homme, Losanna.

Schneider F., Kallis G., Martinez-Alier J., (2010), *Crisis or opportunity? Economic degrowth for social equity and ecological sustainability*, Introduction to this special issue, *Journal of Cleaner Production* 18, pp. 511–518.

Ruzzentini M., (2005), *Dal consumo critico alla critica del rifiuto*, Missione Oggi, Brescia.

Sachs W., Morosini M., (2011), *Futuro sostenibile. Le risposte eco-sociali alle crisi in Europa*, Edizioni Ambiente, Milano.

Sheth J. N., Kellstadt C. H., (2010), *Speaking at Singapore Management University (SMU)*.

Turinetto M., (2005), *Be different, il valore attrattivo del brand-design nelle imprese di moda*, Polidesign, Milano.

Vaciago G., (2010), "Dalla crisi della finanza alla crisi economica: come ne usciamo?", De Filippis F., Romano D., *Crisi economica e agricoltura*, Tellus, Roma, pp. 237-243.

Vezzoli C., Manzini E., (2007), *Design per la sostenibilità ambientale*, Zanichelli, Bologna.

CAPITOLO 2

Candy F.J., Sommerville S., Kalviainen M., Oksanen H., (2004), *Temporal Transformation of Materials: Can Designers Harness the Effects of Time to Create a Contemporary Aesthetic of 'Worldliness' within New Products?*.

Chapman J., (2005), *Emotionally Durable Design: Objects, Experiences and Empathy*, Earthscan, Londra.

Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti Treccani, www.treccani.it

Yourcenar M., (1944), *Il tempo, grande scultore*, Einaudi, Torino.

Juniper A., (2003), *Wabi sabi, the japanese art of impermanence*, Tuttle Publishing, Boston

Koren L., (2002), *Wabi-Sabi per artisti, designer, poeti e filosofi*, Ponte delle Grazie, Milano.

Ostuzzi F., (2010), *Gli oggetti (in) della crisi*, tesi di laurea, Politecnico di Milano.

Ostuzzi F., Salvia G., Rognoli V., Levi M., (2011), *Il valore dell'imperfezione. L'approccio wabi sabi al design*, Franco Angeli, Milano.

Peregalli R., (2010), *I luoghi e la polvere, sulla bellezza dell'imperfezione*, Bompiani, Milano.

Rampiconi M.C., (2005), *Imperfezione, il fascino discreto delle cose storte*, Castelvevchi, Roma.

Villa L., (2011), *Time Lapse*, tesi di laurea, Politecnico di Milano.

Woolley M., (2003), *Choreographing Obsolescence – Ecodesign: the Pleasure/Dissatisfaction Cycle*, Designing Pleasurable Products and Interfaces Conference, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, USA.

CAPITOLO 3

Capitanucci M. V., (2010), Intervista a Michele De Lucchi, *Michele De Lucchi: lo zen delle case-scultura e i progetti ispirati a Gandhi*, www.wisesociety.it, consultato il 15/05/2012.

Cigada A., (2010), *Corrosione e protezione dei metalli*, dispense del corso di “Criteri di scelta e impiego di materiali”, Politecnico di Milano.

Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti Treccani, www.treccani.it.

Dispense del CDS Ingegneria ambientale e del territorio, (2008), *Tipologie significative per le strutture in legno naturale e legno lamellare*, Dipartimento di Chimica Inorganica ed Analitica, Università degli studi di Cagliari.

De Angelis E., (2011), *Legno e strutture in legno*, dispense del corso Patologia Edilizia e Diagnostica, Politecnico di Milano.

Luda M.P., (1996), “Meccanismi di degradazione termica dei polimeri: polimeri vinilici”, in Aglietto M., *Degradazione e stabilizzazione dei materiali polimerici*, Pacini, Pisa, pp. 7-26.

Mantovani O., (2002), “Degradazione del materiale cartaceo”, in Pubblicazioni degli Archivi di Stato, *Saggio 74*, Chimica e biologia applicate alla conservazione degli archivi, Union Printing, Roma.

SigmaKalon Univer S.p.a., (2007), *Conoscere il legno. Essenze e cause di degrado*, Novara.

Visentin A., (2007), *Metodi di conservazione e restauro della carta: valutazione degli effetti mediante risonanza magnetica*, tesi di laurea, Università degli Studi di Padova.

Capitolo 4

Anthony L., Andrady A.L., Hamid H.S., Torikai, (2003), *Effects of climate change and UV-B on materials*, Photochemical & Photobiological Sciences, vol. 2, pp. 68-72.

Camino G., (1996), “La degradazione dei materiali polimerici”, Aglietto M., *Degradazione e stabilizzazione dei materiali polimerici*, Pacini, Pisa, pp. 1-5.

CES, *Cambridge Engineering Selector Selector*, GRANTA MI™, www.grantadesign.com

Cigada A., Del Curto B., Frassine R., Fumagalli G., Levi M., Marano C., Pedefferri M. P., Rink M., (2006), *Materiali per il design*, Epitesto, Milano.

Dunn P., Hill E.J., (1971), *Rep. 421*, Australia.

Edge M., Hayes M., Mohammadian M., Allen N. S., Jewitt T. S., Brems K., Jones K., (1991), *Aspects of poly(ethylene terephthalate) degradation for archival life and environmental degradation*, Polymer Degradation and Stability, vol.32, n° 2, 1991, pp.

131-153.

Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti Treccani, www.treccani.it

Jouan X., Gardette J.L., (1992), *Photo-oxidation of ABS: Part 2—Origin of the photodiscoloration on irradiation at long wavelengths*, Polymer Degradation and Stability, vol. 36, pp.91-96.

Kubota H., Suzuki S., Nishimura O., Tamura I., Yoshikawa K., Shirota T., (1981), *Hokkaido Kogyo Kaihatsu Shikensho Hokoku*.

Kulich D.M., Pace J.E., Fritch L.W. Jr., Brisimitzakis A., (1991), *Encyclopedia of Chemical Technology*, Wiley, New York, pp. 391.

Piton M., Rivaton A., (1997), *Photo-oxidation of ABS at long wavelengths ($\lambda > 300$ nm)*, Polymer Degradation and Stability, vol.55, pp. 147–157.

Radulović J., (2006), *Degradation of Polyethylene Terephthalate in Natural Conditions*, Scientific-Technical Review, vol.56, n°2.

Ram A., Zilber O., Kening S., (1985), *Life expectation of polycarbonate*, Polymer Engineering & Science, vol. 25, pp. 535.

Santos R.M., Botelho G.L., Machado A.V., (2010), *Artificial and natural weathering of ABS*, Journal of Applied Polymer Science, vol. 116, pp. 2005–2014.

Stachiw, J. D., Dolan, R. B., (1982), *Effect of Weather, Age, and Cyclic Pressurizations on Structural Performance of Acrylic Plastic Spherical Shells Under External Pressure Loading*, ASME Journal of Engineering for Industry, vol. 104, pp. 190–200.

Wypych G., (2007), *Hanbook of material weathering*, 4Th edition, ChemTec Publishing, Toronto.

Wurster T., Franck A., Eyerer P., (1985), *Diffusion und alterun*, Die Angewandte Makromolekulare Chemie, vol. 137, pp. 109-120. Citato in: Wypych G., (2007), *Hanbook of material weathering*, 4Th edition, ChemTec Publishing, Toronto.

www.pc-sheets.com.

CAPITOLO 5

Crippa G., (2010), *Emotional materials, L'emozione suscitata dai materiali nei prodotti industriali*, tesi di laurea, Politecnico di Milano.

Desmet P.M.A., Overbeeke C.J., Tax S.J.E.T., (2001), *Designing products with added emotional value: development and application of an approach for research through design*, The Design Journal, Vol. 4, N°1, pp. 32-47.

Desmet, P.M.A., Hekkert, P., (1998), *Emotional reactions elicited by car design: a measurement tool for designers*, Proceedings of the 31st ISATA conference Düsseldorf, Germany, 237-244.

Ferrarese G., (2009), *Elementi di Statistica: Le medie, Dispense corso di scienze naturali*, Torino, Politecnico di Torino.

Gorno R., (2010), *Designing emotions through industrial products features*, Politecnico di Milano, Milano.

Gussoni M. , Monticelli G. , Vezzoli A., (2006), *Dallo stimolo alla sensazione, fisiologia degli organi di senso*, Casa Editrice Ambrosiana, Milano.

Karana E.,(2009), *Meaning of materials*, Tesi di dottorato presso TU Delft Netherlands.

Karana E. (2010), *Meanings of materials: findings and implications*, Proceedings of TMCE 2010 Symposium, Ancona.

Karana, E., Van Weelderden, W., Van Woerden, E. (2007), *The effect of form on attributing meanings to materials*, ASME International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, Las Vegas.

Karana E., Hekkert, P., (2010), *User- material-product interrelationships in attributing meanings*, International Journal of Design, 4(3), pp. 43-52.

Karana E., Hekker P., Kandachar P., (2008), *Material considerations in product design: A survey on crucial material aspects used by product designers*, Materials & Design, Vol. 29, pp. 1081–1089.

Karana E., Hekkert P., Kundachar P., (2008), *Meanings of materials through sensorial properties and manufacturing processes*, Materials & Design, vol.30, pp. 2778–2784.
Miller, E. A., (1972), *Interaction of vision and touch in conflict and nonconflict form perception tasks*, Journal of Experimental Psychology, vol. 96, pp. 114–123.

Rognoli V., Levi M., (2004), *Materiali per il design: espressività e sensorialità*, Milano, Polipress.

Schifferstein H.N.J., (2005), *The perceived importance of sensory modalities in product usage: A study of self-reports*, Elsevier B.V .

Woolley M., (2003), *Choreographing Obsolescence – Ecodesign: the Pleasure/Dissatisfaction Cycle*, Designing Pleasurable Products and Interfaces Conference, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, USA.

www.treccani.it

www.premotool.com

www.susagroup.com

CAPITOLO 6

Bellandi G., (2005), *Il marketing del prodotto*, quaderno di formazione per allievi

ingegneri gestionali, Pisa.

Chapman J., (2005), *Emotionally Durable Design: Objects, Experiences and Empathy*, Earthscan, Londra.

Desmet, P.M.A., & Hekkert, P. (2002) “ The basis of product emotions”, W. Green W., Jordan P., *Pleasure with Products, beyond usability*, Londra, Taylor & Francis, pp. 60-68.

Desmet P.M.A., Overbeeke C.J., Tax S.J.E.T., (2001), *Designing products with added emotional value: development and application of an approach for research through design*, The Design Journal, vol.4, n°1, pp. 32-47.

Desmet, P.M.A., Jacobs J.J., Hekkert, P.,(2000), *When A Car Makes You Smile: Development and Application of an Instrument to Measure Product Emotions*, Advances in Consumer Research, vol. 27, pp. 111-117.

Fenko A., Schifferstein H. N.J., Hekkert P., (2009), *Shifts in sensory dominance between various stages of user-product interactions*, Journal of Applied Ergonomics, vol. 30, pp. 1–7.

Karana E., & Hekkert, P. (2010). *User- material-product interrelationships in attributing meanings*. International Journal of Design, 4(3), 43-52.

Karana E., Hekkert P., Kandachar P., (2009), *Meanings of materials through sensorial properties and manufacturing processes*, Materials and Design, vol. 30, pp. 2778-2784.

Williamson D., Cooke P., Jenkins W., Moreton K. M., (2004), *Strategic Management and Business Analysis*, Elsevier Butterwoth- Heinemann, Oxford.

Woolley M., (2003), *Choreographing Obsolescence – Ecodesign: the Pleasure/Dissatisfaction Cycle*, Designing Pleasurable Products and Interfaces Conference, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, USA.

Analisi SWOT, *Come analizzare contestualmente punti di forza e criticità del contesto interno ed esterno*, www.urp.it

www.marketingteacher.com

CAPITOLO 7

Desmet P.M.A., Overbeeke C.J., Tax S.J.E.T., (2001), *Designing products with added emotional value: development and application of an approach for research through design*, The Design Journal, Vol. 4, N°1, pp. 32-47.

Karana E. (2010), *Meanings of materials: findings and implications*, Proceedings of TMCE 2010 Symposium, Ancona.

Kenko Yoshida, *Tsurezure-gusa*, (Ore d’ozio), 1330-1333.

APPENDICE I: OTTENIMENTO DEI CAMPIONI INVECCHIATI

1. Campioni test_0

Per ciascun materiale erano stati preventivamente acquistati 4 oggetti, in modo da poter testare differenti tipologie di invecchiamento, al fine di scegliere quella più adatta a simulare l'invecchiamento naturale.

Al fine del test è stato necessario reperire campioni che presentassero differenti livelli di invecchiamento materico. Seconda la normativa ASTM G114 viene definito come invecchiamento l'esposizione di un materiale ad uno stress, quale tempo, pressione, contatto con materiali o sostanze chimiche, temperatura, abrasione, radiazioni ionizzanti, luce, impatto con gas o particelle, trazione, compressione o forza (statico o ciclico), o qualsiasi altra caratteristica che può essere presente durante la vita utile di un materiale. Questi fattori di stress possono essere presenti singolarmente o in combinazione.

Le tempistiche ridotte richiedevano l'ottenimento di campioni con metodologie di *artificial ageing*¹, o invecchiamento accelerato. In conformità alla normativa ASTM G114 con *artificial ageing* vengono intesi tutti quei metodi utilizzati per produrre effetti che simulino i risultati di un invecchiamento naturale, ma con tempistiche più brevi. Il grado di artificialità può variare su larga scala. Un esempio di artificialità dolce può essere l'esposizione di un materiale ad una pressione maggiore di quella sperimentata nelle condizioni tipiche di utilizzo. Un altro esempio è l'uso di carta vetrata per aumentare la rugosità superficiale di un materiale, per simularne l'abrasione da impatto che può verificarsi durante la vita utile del prodotto. Un alto grado di artificialità dell'invecchiamento può però influire negativamente sulla validità scientifica dell'esperimento, in quanto diventa difficile collegare i risultati ottenuti alla condizione di utilizzo; perciò

1 artificial aging-aging in which a stress variable is outside the domain of exposure that the material might see in a component for oxygen service or in which an alternative mechanism is used to produce an effect that simulates the results of natural aging.



Immagine 1. Oggetti selezionati per il test_0.

questo solitamente vengono utilizzate tecniche che accelerano l'invecchiamento naturale, senza però modificarlo.²

Per simulare l'invecchiamento dei campioni si è deciso di utilizzare il M.E.K. test e l'invecchiamento tramite l'utilizzo di lampade UV. Di seguito la descrizione dei due metodi e i risultati ottenuti.

1.1 M.E.K. TEST

Il M.E.K. test è una tecnica che consente di valutare la resistenza al solvente di un rivestimento organico, che cambia chimicamente durante il processo di polimerizzazione³. Tale metodo di prova viene usato principalmente per primers etil-silicati ricchi di zinco.

La pratica si basa sul *doppio sfregamento*⁴ del campione con una garza imbevuta di metiletilchetone, con doppio sfregamento viene inteso il movimento compiuto strofinando il panno avanti e indietro sulla superficie da testare. Strofinando con un panno saturo di solvente il campione è possibile misurare quando uno specifico livello di resistenza al solvente viene raggiunto. Il tempo necessario per raggiungere un livello specifico resistenza al solvente può essere influenzato dalla temperatura, dallo spessore del rivestimento, dal movimento di aria e, per i rivestimenti a base acquosa o acqua-reattiva, dall'umidità. L'effetto del solvente sulla resistenza del rivestimento varia a seconda del tipo di rivestimento e dalla composizione del solvente utilizzato. Il metiletilchetone può essere di due tipologie: tipo *I_ regular* e tipo *II_ urethane grade*, quest'ultimo può essere utilizzato per rivestimenti in uretano, purché il contenuto di

² ASTM G 114, 3. Terminology

³ ASTM D740-94

⁴ **double rub**—the act of rubbing a cloth in one complete forward and back motion over a coated surface.

acqua e gradazione alcolica siano accettabili.

Le proprietà fisiche e chimiche del metiletilchetone devono essere conformi ai requisiti specificati dalla tabella 1.

1.1.1 Materiali e attrezzature

Ai fini del test possono essere utilizzati i seguenti solventi:

- *Metiletilchetone (MEK)*, conforme alla specifica ASTM D 740
- *Mineral Spirits*, conforme alla specifica ASTM D 235
- *Xilene*, conforme alla specifica ASTM D 843
- *Altri solventi*, accuratamente descritti nel report del test.

Per effettuare lo sfregamento la normativa consiglia l'utilizzo di garza 100% in cotone di dimensioni circa 300x300 mm, a colori contrastanti con il rivestimento in corso di valutazione, o altre tipologie di panno reciprocamente concordate. È inoltre opportuno dotare il personale che effettuerà il test di adeguati dispositivi di sicurezza come, ad esempio, guanti resistenti ai solventi e respiratore.

	Type II	Type II
Commerical reference	regular	urethane-grade
Acidity^A, weight %, max	0.005	0.003
Alcohol^B, weight %, max	...	0.5
Color, Pt-Co scale, max	10	10
Distillation range, 760 mm Hg, ° C		
Initial boiling point, min	78.5	78.5
Dry point, max	81.0	81.0
Nonvolatile matter, mg/100 mL, max	5	5
Purity, weight %, min	99.5	99.5
Specific gravity, apparent		
20/20°C	0.805 to 0.807	0.805 to 0.807
25/25°C	0.801 to 0.803	0.801 to 0.803
Water, weight %, max	0.2	0.05
^A Free acid as acetic acid. Equivalent to 0.047 mg potassium hydroxide (KOH) per gram of material.		
^B Calculated as 2-butanol or sec-butyl alcohol.		

Tabella 1. Proprietà fisiche e chimiche del Metiletilchetone.

Fonte: ASTM D740-94 R97.

1.1.2 Procedura

Prima di iniziare il test è opportuno pulire la superficie con acqua per rimuovere eventuali impurità, avendo cura di far asciugare completamente il campione. Sulla superficie da testare deve essere selezionata un'area di almeno 150 mm in cui eseguire il test. Successivamente il panno in cotone viene piegato in due parti, in modo da ottenere un doppio spessore, e deve essere imbevuto con il solvente scelto. È importante che entro 10 secondi da quest'ultima operazione abbia inizio lo sfregamento del campione, per evitare l'evaporazione del solvente da panno. L'operatore deve poi posizionare il dito indice, adeguatamente protetto, al centro del panno mentre la garza in eccesso viene sorretta con pollice e altre dita della stessa mano. Con il dito indice inclinato a 45 ° rispetto alla superficie di prova, viene strofinata la zona di prova con moderata pressione, prima lontano dall'operatore e poi di nuovo verso l'operatore. Tale movimento deve essere effettuato al ritmo di circa 1 doppio sfregamento al secondo. Lo sfregamento della superficie di prova prosegue per un totale di 25 doppi colpi. È essenziale fare attenzione a rimanere all'interno dell'area di prova selezionata. In caso ulteriori sfregamenti siano necessari l'operatore dovrà riposizionare il dito su una porzione pulita e non utilizzata del panno, riportando lo stesso ad una condizione di bagnato. anche in questo caso non devono intercorrere più di 10 s prima di riprendere la procedura per ulteriori 25 doppi colpi. L'operazione deve essere ripetuta fino a raggiungere i criteri di prova specificati. Al termine della prova dovranno essere esaminate le proprietà superficiali del campione testato, tra cui gloss e durezza, in conformità con le normative ASTM D 523 e D 3363. Anche il panno utilizzato per lo sfregamento andrà esaminato visivamente, al fine di evidenziare il quantitativo di rivestimento asportato.

1.1.3 Report

Al seguito del test dovrà essere steso un report che contenga, come minimo, le seguenti informazioni: solvente utilizzato, numero di doppi sfregamenti, spessore del film prima di strofinare e dopo sfregamento, risultati dell'esame visivo della garza per l'indicazione della rimozione del rivestimento.

Ulteriori informazioni, quali temperatura, umidità, condizioni meteo, durata del test possono influenzare i risultati e dovrebbe quindi essere riferiti, quando possibile.

1.1.4 Applicazione del metodo

Prova 1

Campione: PC

Soluzione: Metiletilchetone puro al 100%

Esposizione: 25 doppi colpi

Risultato: la superficie del componente l'oggetto si è rivelato particolarmente rovinato, presentando vistose striature in corrispondenza del contatto con la garza.

Conforme al test: No

Prova 2

Campione: PC, PMMA

Soluzione: Metiletilchetone puro al 100%

Esposizione: immersione, 120 secondi

Risultato: per evitare le striature dovute allo sfregamento della garza si è pensato di immergere il campione nella soluzione M.E.K.. Anche in questo caso la soluzione si è dimostrata troppo aggressiva e il campione è stato scartato

Conforme al test: No

Prova 3

Campione: PC

Soluzione: 20% Metiletilchetone, 80% acqua distillata

Esposizione: immersione, 120 secondi

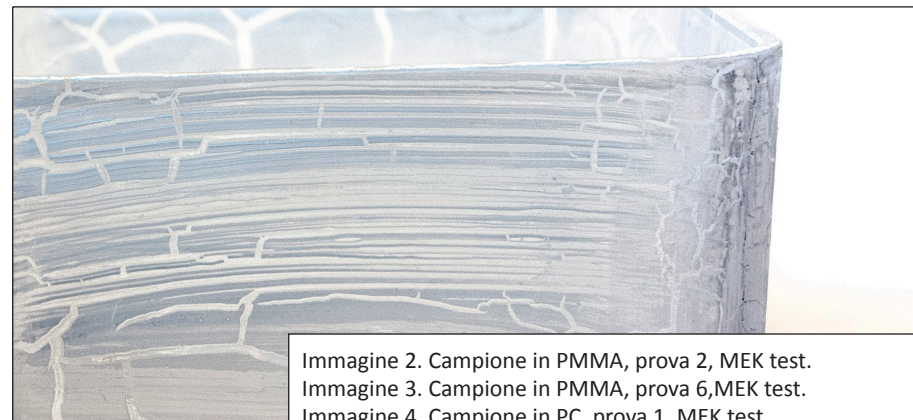


Immagine 2. Campione in PMMA, prova 2, MEK test.
Immagine 3. Campione in PMMA, prova 6, MEK test.
Immagine 4. Campione in PC, prova 1, MEK test.

Risultato: la soluzione è risultata troppo diluita ed il campione non ha dimostrato variazioni, per questo il campione è stato scartato
 Conforme al test: No

Prova 4

Campione: PC
 Soluzione: 50% Metiletilchetone , 50% acqua distillata
 Esposizione: immersione, 120 secondi
 Risultato: la soluzione è risultata troppo diluita ed il campione non ha dimostrato variazioni, per questo il campione è stato scartato
 Conforme al test: No

Prova 5

Campione: PC
 Soluzione: 80% Metiletilchetone , 20% acqua distillata
 Esposizione: immersione, 120 secondi
 Risultato: la soluzione è risultata troppo diluita ed il campione non ha dimostrato variazioni, per questo il campione è stato scartato
 Conforme al test: No

Prova 6

Campione: ABS, PC, PET, PMMA, PP
 Soluzione: 90% Metiletilchetone , 10% acqua distillata
 Esposizione: immersione, 120 secondi
 Risultato: la concentrazione della soluzione è stata considerata ottimale e si è proceduto con l'immersione di un campione per ogni materiale. Il campione in PMMA ha presentato tuttavia una degradazione immediata e troppo estesa
 Conforme al test: No

1.1.5 Conclusioni

Esaminando tutti i campioni ottenuti dal test si è valutato il metodo di invecchiamento chimico dei materiali troppo aggressivo ai fini della simulazione di un invecchiamento naturale dei prodotti. Tutti i campioni così trattati sono stati quindi eliminati.

1.2 INVECCHIAMENTO UV

La *foto-degradazione*⁵ dei materiali a base polimerica è dovuta principalmente alle basse lunghezze d'onda dello spettro di irradianza solare, cioè sostanzialmente alle radiazioni della parte UV. Per questo l'utilizzo di lampade UV, anche se non riproducono lo spettro solare, consente di avere un'idea dei fenomeni di degradazione indotta dalla luce (degradazione fotoindotta)

La normativa ASTM G113 definisce la lampada fluorescente ultravioletta, una lam-

⁵ **photodegradation, n**—photochemically induced changes in the condition of the material.

pada in cui l'irradianza da un arco a mercurio a bassa pressione si trasforma in un radiazioni UV; la distribuzione spettrale e di potenza di una lampada fluorescente è

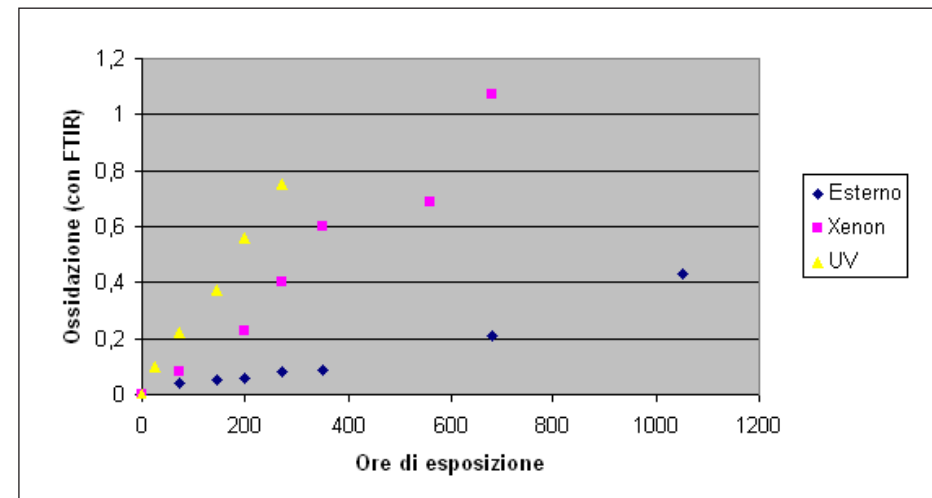


Grafico 1. Confronto tra diversi metodi di invecchiamento, www.abcs.it

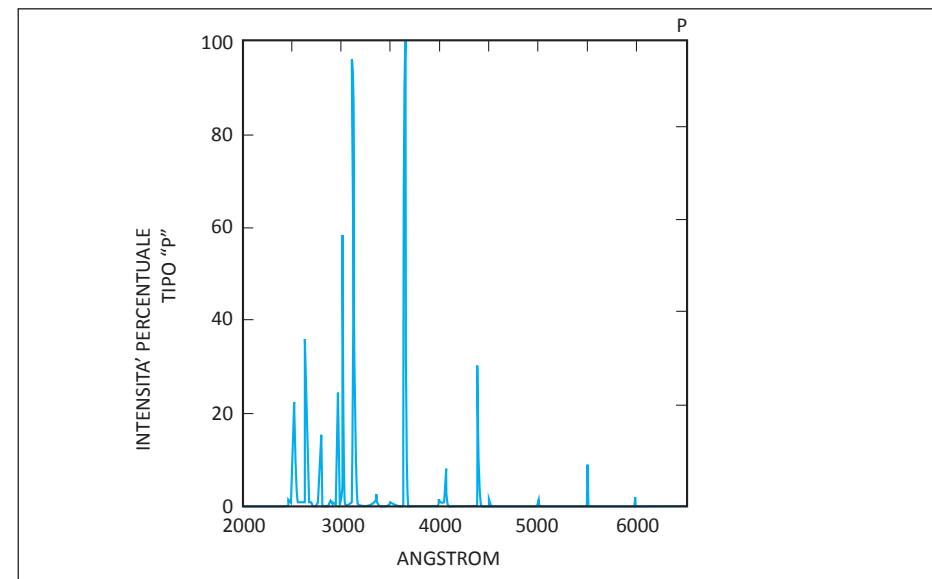


Grafico 2. Spettro di emissione della lampada utilizzata.

Fonte: www.heliositalquartz.com

determinata dalla spettro di emissione della sorgente di luce ad arco di mercurio, lo spettro di emissione del fosforo e la trasmittanza UV del tubo di vetro.

È utile ricordare che la degradazione non è *lineare* col numero di fotoni, cioè non è assolutamente detto che, ad esempio, raddoppiando l'energia luminosa, i tempi di degradazione si dimezzino.

La velocità di degradazione può dipendere da diversi fattori, tra cui la composizione chimica del campione e l'irradianza della macchina⁶. Nella grafico sottostante viene riportata una prova sperimentale di invecchiamento effettuata con differenti metodi. Per l'esperimento è stata selezionata una lampada UV ad alta potenza con fonte luminosa ai vapori di mercurio e con gruppo elettrico da 500 W, prodotta da Helios Italquartz.

1.2.1 Applicazione del metodo

Prova 1

Campione: PC

Esposizione: 120 minuti⁷

Procedura: Il campione è stato esposto alla radiazione ultravioletta. Al termine dell'esperimento l'oggetto si mostrava visibilmente ingiallito.

Conforme al test: Sì

Immagine 8:

Prova 2

Campione: ABS, PC, PET, PMMA, PP

Esposizione: 120 minuti

Procedura: i campioni ottenuti dalla prova 6 del M. E. K. Test sono stati posti nel polimerizzatore UV, tuttavia l'eccessiva degradazione causata dalla prova chimica precedente è andata ad inficiare anche la sperimentazione successiva, costringendo a scartare i campioni

Conforme al test: No

Immagine 9:

Prova 3

Campione: ABS, PC, PET, PMMA, PP

Esposizione: 120 minuti

Procedura: i campioni prima di essere posti in macchina sono stati abrasivi con carta vetrata fine, grana M 622, su tutte le superfici al fine di simulare l'abrasione da impatto che può verificarsi durante la vita utile del prodotto. Dopo i primi 90 minuti i campioni sono stati girati per garantire un'esposizione il più possibile uniforme alla radiazione

⁶ www.abcs.it, Degradazione, consultato il 17/09/2012

⁷ L'esposizione di 120 minuti nella macchina UV può essere equiparata a 300 ore di esposizione solare. Fonte: www.abcs.it

ultravioletta.

Conforme al test: Sì

Immagine 10:

1.2.2 Conclusioni

I campioni prodotti nella prova 3 mostrano segni visibili di invecchiamento,:

- i campioni in ABS, PC e PMMA hanno subito una virazione cromatica gialla,
- il campione in PET ha subito una modifica formale a causa del rammollimento dovuto alla temperatura del forno UV
- il campione in ABS ha subito una modifica della texture superficiale, ed una parziale modifica formale, dovuta al rammollimento in forno e alla successiva risolidificazione
- tutti i campioni presentano visibili segni di abrasione, quali graffi e striature

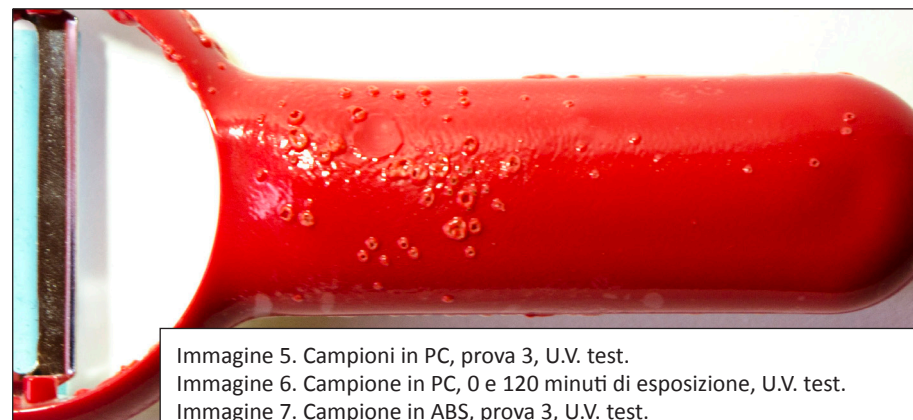
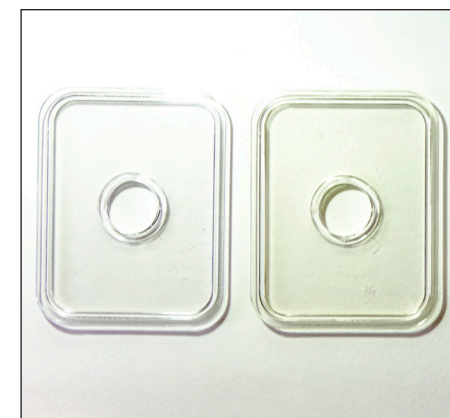


Immagine 5. Campioni in PC, prova 3, U.V. test.

Immagine 6. Campione in PC, 0 e 120 minuti di esposizione, U.V. test.

Immagine 7. Campione in ABS, prova 3, U.V. test.

per questo sono stati considerati validi ai fini di valutare il legame emozionale su oggetti a differenti gradi di invecchiamento.

Nonostante il campione in PP non presenti invece né virazioni cromatiche né modifiche formali, soltanto alcuni segni di abrasione sulle superfici esterne, lo si è ritenuto comunque idoneo allo svolgimento del successivo test, in quanto unico materiale polimerico che sembra opporsi al passare del tempo.

2. Campioni test_1

2.1 WEATHERING TEST

Al fine di ottenere una palette di materiali con diversi gradi di invecchiamento, utilizzabile per i successivi test sensoriali, è stato scelto di far invecchiare i campioni con il metodo del Natural Weathering, in conformità alla normativa ASTM D1435. Con la definizione di Natural Weathering ci si riferisce a: *“l'esposizione dei materiali alla luce solare non concentrata, il cui scopo è di valutare gli effetti dei fattori ambientali sulle varie funzionalità parametri decorativi di interesse.”*⁸

I test condotti in conformità con questa pratica servono a valutare la durabilità dei materiali polimerici quando esposti all'aperto, tale caratteristica è fortemente influenzata dalla posizione dell'espositore, dall'umidità, dalla temperatura, dagli inquinanti e dalle differenze di radiazione ultravioletta solare. A causa della variabilità di tali fattori i risultati di una singola prova non possono essere utilizzati per prevedere con assoluta certezza la velocità e le modalità di degradazione del singolo materiale. Diversi anni di esposizioni ripetute sono necessari per ottenere un risultato medio di prova per una data esposizione. Inoltre i risultati a breve termine (1-12 mesi) sono in grado di fornire indicazioni relative alle prestazioni dei materiali polimerici esposti agli agenti atmosferici, ma non possono essere utilizzati per prevedere con certezza le prestazioni a lungo termine del materiale stesso⁹. In particolare è stata utilizzata la tecnica del *direct weathering*¹⁰, esponendo direttamente i campioni agli agenti atmosferici, senza schermature degli stessi.

2.1.1 Scelta dei materiali

Si è scelto di testare la durabilità di 6 differenti materiali: ABS, PC, PET, PMMA, PP. I materiali sono stati forniti dall'azienda Plasting S.r.l.¹¹ con sede a Segrate, che si è oc-

8 Outdoor exposure of materials to unconcentrated sunlight, the purpose of which is to assess the effects of environmental factors on various functional and decorative parameters of interest.

9 ASTM D 1435, 4. Significance and Use.

10 *direct weathering*, n—a technique of weathering in which the test specimens are exposed to all prevailing elements of the atmosphere.

11 www.plasting.biz

cupata anche del taglio a misura dei campioni.

2.1.2 Campioni

I campioni possono essere di qualsiasi forma o dimensione e possono essere montati direttamente sull'espositore o montati su un supporto.¹² Nel caso specifico si è scelto di realizzare campioni di dimensione 100x100 mm, dimensione ritenuta più idonea a consentire, nella successiva fase di test, ai partecipanti al test di maneggiare in maniera comoda i materiali e di esperire le caratteristiche sensoriali che li caratterizzano. I campioni sono stati ottenuti da lastre di spessore 3 mm tagliate tramite fresatura. Per ogni materiale sono stati realizzati 16 campioni così suddivisi:

- 4 campioni di controllo
- 12 campioni esposti

Per un totale di 96 campioni. Il numero di campioni è stato determinato dal programma di rimozione e dal numero di repliche di ciascun campione.

Al fine di evitare il danneggiamento dei provini durante la fase di trasporto e di stoccaggio si è scelto di avvolgerli singolarmente in una pellicola di materiale polimerico inerte. Ciò assicura che la superficie del campione non venga danneggiata a causa dell'interazione con gli altri esemplari¹³.

In conformità con la normativa sono stati predisposti 4 *campioni di controllo*¹⁴ per ogni materiale, provenienti dalla stessa lastra da cui sono stati ottenuti i campioni esposti. Essi sono stati stoccati per tutta la durata della prova di esposizione in una scatola nera a temperatura ambiente con umidità relativa di massimo 60%. Per escludere l'esposizione alla luce i provini sono stati inoltre rivestiti da uno strato uniforme di alluminio per confezionamento. I campioni di controllo verranno utilizzati allo scopo di confrontare le caratteristiche dei materiali esposti rispetto a quelle comuni di partenza. Durante la fase di test sarà necessario ridurre al minimo la manipolazione di tali campioni.

Ogni campione è stato codificato con un codice alfanumerico, in modo che possa essere identificato facilmente dopo l'esposizione. La codifica è avvenuta tramite l'utilizzo di un pennarello indelebile ad inchiostro nero. Il marchio di identificazione è stato posizionato sul lato non esposto del provino in modo che il degrado del campione

12 ASTM D 1435, 8. Test Sites.

13 ASTM G 147, 5. General Handling Procedures.

14 **control**, n—in weathering, the term control has three current widespread uses:

- A material which is of similar composition and construction to the test material used for comparison, exposed at the same time.
- A portion of the material to be tested which is stored under conditions in which it is stable, and is used for comparison between exposed and original state.
- A portion of the exposed specimen which is protected from light exposure by masking.

non vada ad influire sulla leggibilità dell'informazione.

La rimozione dei campioni è avvenuta a campioni asciutti. I provini una volta rimossi sono stati lavati con una spugna morbida in una soluzione di detergente diluito e acqua deionizzata (0,05% concentrazione massima) e asciugati all'aria.¹⁵

15 ASTM G147, 14. Scheduled Interim Reports.

		ABS	PC	PET	PMMA	PP
Campione bianco	Tempo 0	4	4	4	4	4
Prove sul campo	Tempo 1	4	4	4	4	4

tempo 0= 14 giugno, inizio esposizione campioni
tempo 1= 21 settembre, rimozione dei campioni
totale esposizione: 100 giorni

Tabella 2. Matrice dei campioni

2.1.3 Sito di prova, posizione attrezzature di prova, orientamento dell'espositore¹⁶

Il sito di prova definito è il tetto dell'edificio Giulio Natta, in piazza Leonardo Da Vinci, Milano. Tale sito è stato scelto perché consente un monitoraggio costante dell'invecchiamento dei polimeri ed un'area di esposizione libera, sempre illuminata.

In conformità alla normativa l'area sottostante ed in prossimità delle attrezzature di prova è caratterizzata da bassa riflettanza.

La fila più bassa di campioni esposti è stata posizionata ad una altezza di 0.50 m dal suolo, per evitare il contatto con la vegetazione e per evitare danni che potrebbero verificarsi durante la manutenzione zona.

L'apparecchio di prova è stato posizionato in una posizione tale che non ci sia nessuna ombra su ciascun esemplare esposto quando l'angolo di elevazione del sole è maggiore di 20°.

L'orientamento dell'espositore è di 45° in direzione sud.

Si è scelto di utilizzare il metodo di *backed exposure*¹⁷, ancorando i campioni ad un solido substrato di compensato, in modo che solo la superficie anteriore sia esposta.

16 ASTM G 7, 5.1 Test Sites.

17 backed exposure, n—a technique of weathering in which the test specimens being exposed are mounted onto a solid backing material, of sufficient strength to hold the specimen. When the specimen and the backing are in direct contact the backing material must be of a type that will not contaminate the specimen. When two materials are intimately joined

together to form one composite, the materials below the top surface are not considered as a backing. The backing is typically plywood.

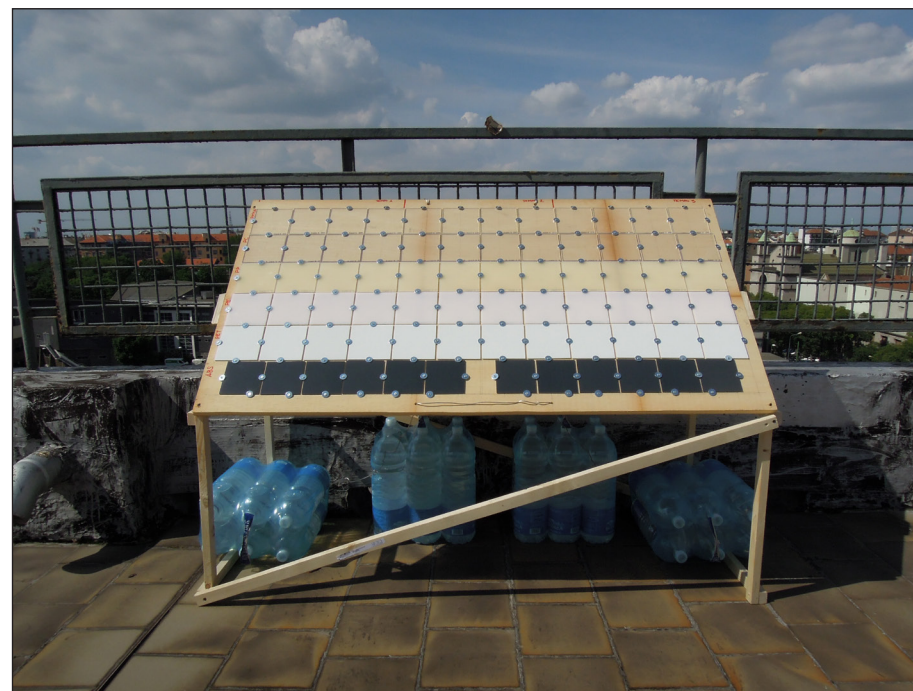
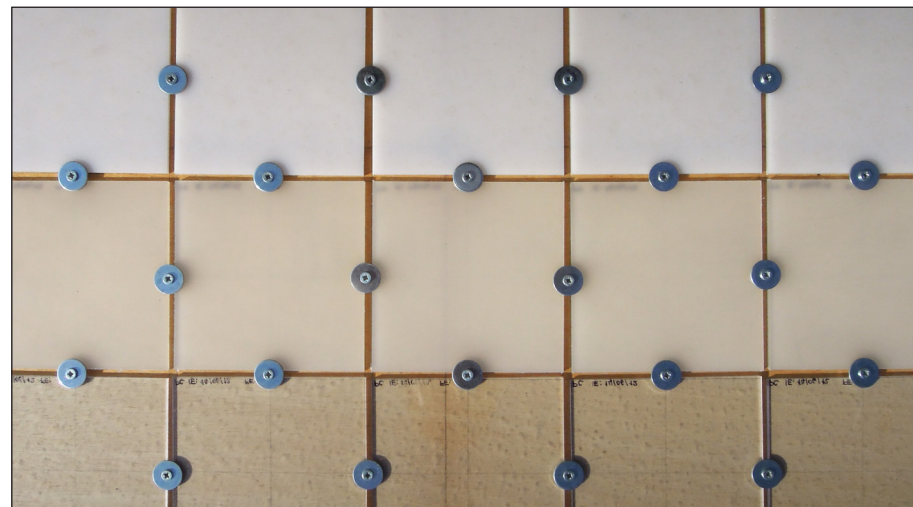
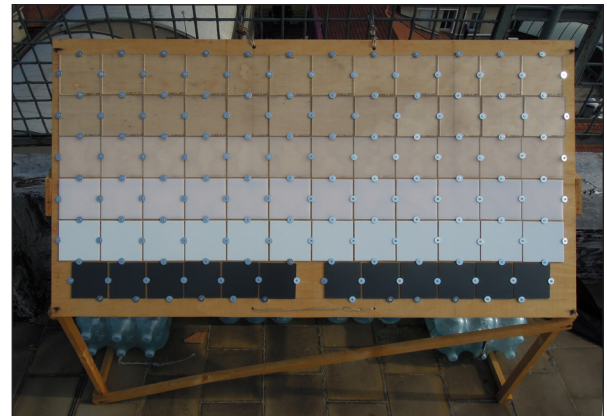
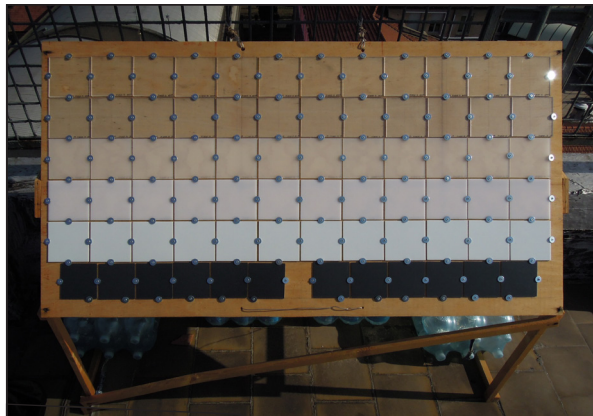
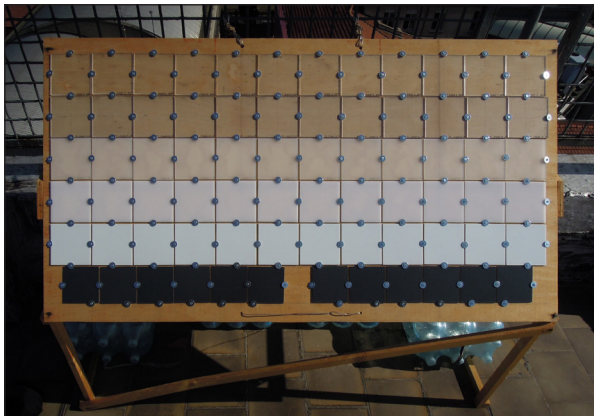
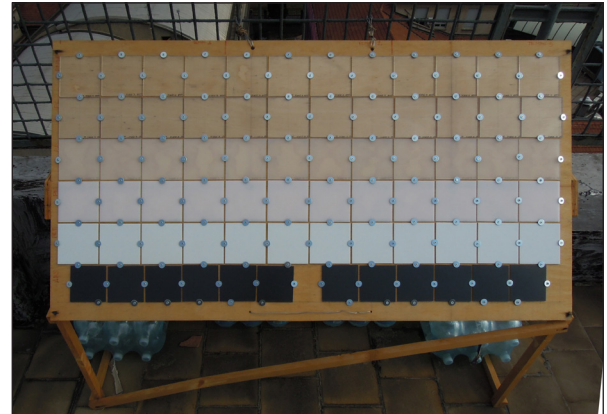
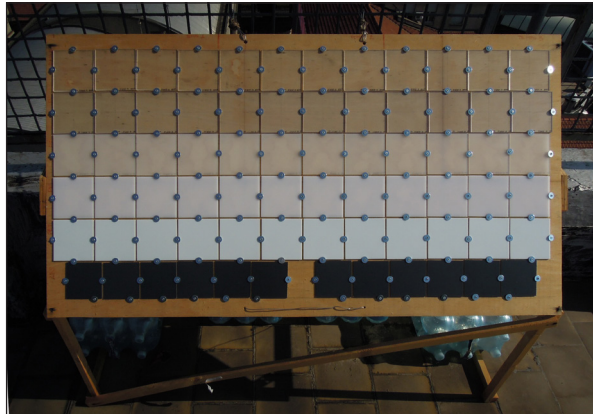
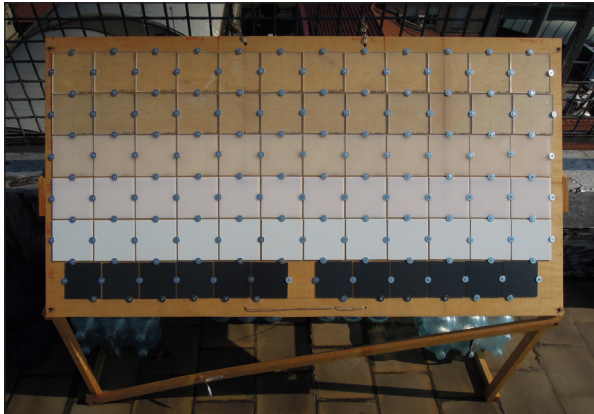
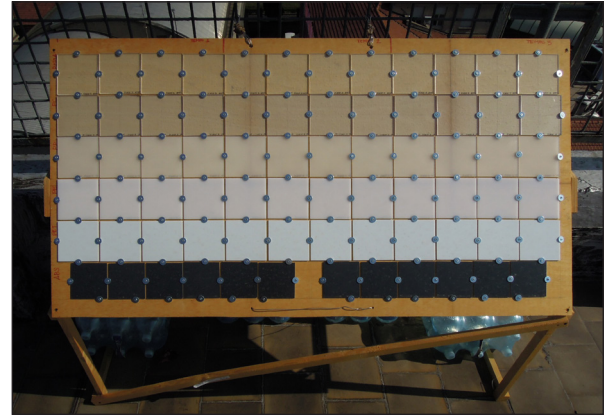
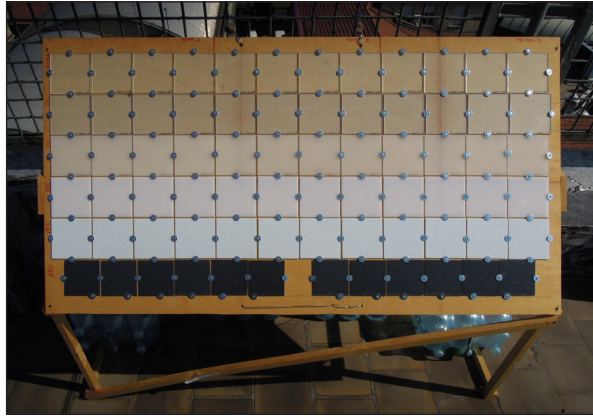
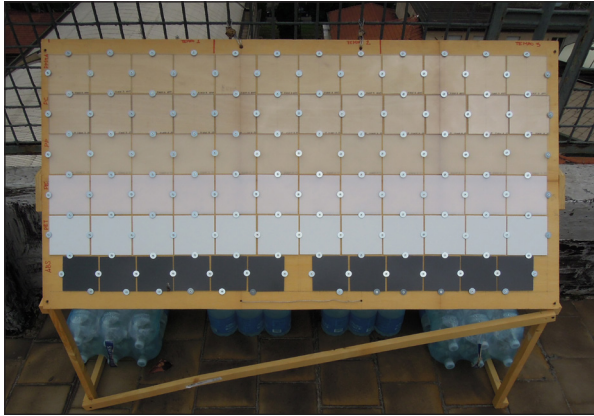


Immagine 8. L'espositore dei campioni.

Immagine 9. Particolare della metodologia di fissaggio.



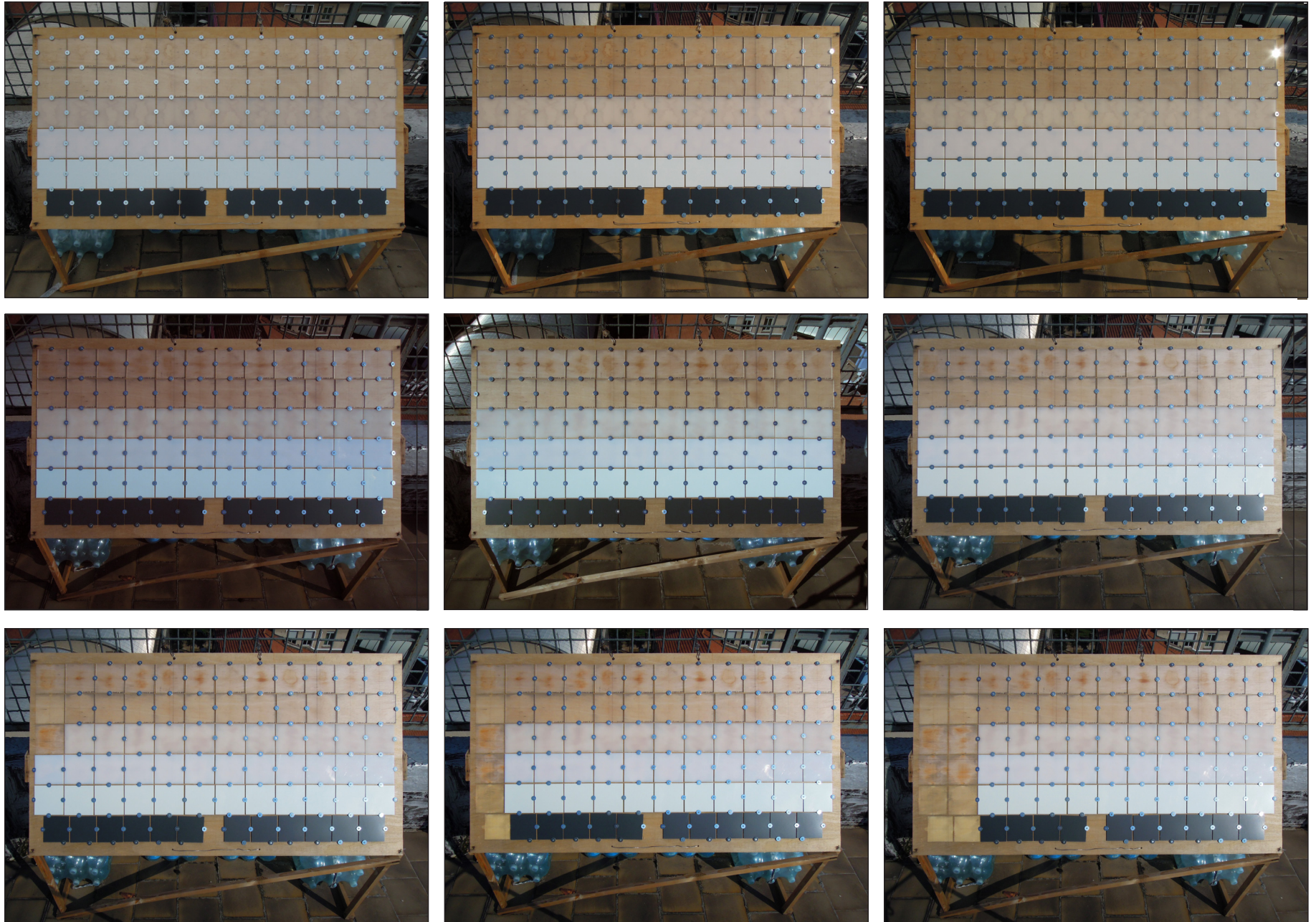


Immagine 10. Foto dell'espositore durante i 100 giorni di esposizione.

2.1.3.1 Costruzione dell'espositore¹⁸

Si è scelto di utilizzare compensato da 15 mm per il supporto, cantinelle in legno di abete per la struttura e viteria per legno in acciaio zincato in quanto tutti i materiali utilizzati per la prova devono essere non corrodibili senza trattamento superficiale.

Gli elementi di fissaggio dei campioni al substrato devono tenere fermamente il campione e impedire che si sposti, o essere staccato accidentalmente dalla sua posizione. Il metodo di fissaggio scelto (4 viti M3x20 + 4 rondelle M5_20) non ostacola l'espansione e la contrazione dei campioni causata da sbalzi termici, assorbimento di umidità o perdita di plastificanti, vincolandoli però fermamente alla struttura.

Secondo le disposizioni normative i dispositivi di fissaggio non devono essere soggetti a corrosione o a degradazione, per evitare una contaminazione dei campioni, essi possono essere realizzati in alluminio, acciaio inossidabile o acciaio zincato; perciò la scelta è ricaduta su viteria in acciaio zincato. I provini sono stati orientati sul telaio in modo da evitare sollecitazioni o forze involontarie sugli stessi.

2.1.3.2 Strumentazione¹⁹

Durante il periodo di esposizione sono state monitorate quotidianamente temperatura (massima e minima), umidità (massima e minima), bagamento e irraggiamento globale.

I dati sono stati forniti dall'ARPA Lombardia (Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente), rilevati dalla stazione meteorologica situata a Milano Lambrate, presso il parco Lambro²⁰.

Per definire la durata dell'esposizione ci si è basati sul metodo *Calendar Basis*, definendo al momento dell'esposizione la durata del test in giorni, mesi e anni. Il report relativo ad ogni campione riporta la data di inizio e fine esposizione.

2.1.3.3 Report²¹

Per ciascun campione è stato realizzato un report dove, in conformità con la normativa, sono state riportate le seguenti voci:

1. Descrizione completa dei provini

1.1 Codice del provino

1.2 Caratteristiche chimiche e meccaniche

1.3 Metodo di realizzazione del provino

2. Luogo di esposizione

2.1 Copertura del terreno nella zona di prova

2.2 Angolo in cui l'esposizione è stata condotta

¹⁸ ASTM G 7, 6. Construction of Test Fixtures (Exposure Racks)

¹⁹ ASTM G 7, 8. Procedure.

²⁰ ita.arpalombardia.it

²¹ ASTM G 7, 9. Report

3. Tipo di esposizione

3.1 Spessore e il tipo di substrato

3.2 Dispositivi di fissaggio

3.3 Data di inizio e fine esposizione

4. Dati climatici

4.1 Temperatura ambiente (massima e minima giornaliera)

4.2 Umidità relativa (massima e minima giornaliera)

4.3 Precipitazioni

4.4 Radiazione globale

Report 1

Materiale esposto: ABS

Dimensioni: 100x100 mm

Colorazione iniziale: Grigio RAL 7024

Colorazione post-esposizione: Grigio RAL 7010

Data di inizio esposizione: 14/06/2012

Data di fine esposizione: 21/09/2012

Tipo di esposizione: diretta

Luogo di esposizione: tetto dell'edificio Giulio Natta, piazza Leonardo Da Vinci, Milano

Tipologia di espositore: backed exposure

Dispositivi di fissaggio: 4 viti M3x20 + 4 rondelle M5_20

Altezza dal suolo: 0,5 m

Angolo di inclinazione espositore: 45°

Direzione: Sud

Report 2

Materiale esposto: PC

Dimensioni: 100x100 mm

Colorazione iniziale: / (trasparente)

Colorazione post-esposizione: / (trasparente)

Data di inizio esposizione: 14/06/2012

Data di fine esposizione: 21/09/2012

Tipo di esposizione: diretta

Luogo di esposizione: tetto dell'edificio Giulio Natta, in piazza Leonardo Da Vinci, Milano

Tipologia di espositore: backed exposure

Dispositivi di fissaggio: 4 viti M3x20 + 4 rondelle M5_20

Altezza dal suolo: 0,5 m

Angolo di inclinazione espositore: 45°

Direzione: Sud

Report 3

Materiale esposto: PET
 Dimensioni: 100x100 mm
 Colorazione iniziale: Bianco RAL 9010
 Colorazione post-esposizione: Bianco RAL 9003
 Data di inizio esposizione: 14/06/2012
 Data di fine esposizione: 21/09/2012
 Tipo di esposizione: diretta
 Luogo di esposizione: tetto dell'edificio Giulio Natta, in piazza Leonardo Da Vinci, Milano
 Tipologia di espositore: backed exposure
 Dispositivi di fissaggio: 4 viti M3x20 + 4 rondelle M5_20
 Altezza dal suolo: 0,5 m
 Angolo di inclinazione espositore:45°
 Direzione: Sud
 Direzione: Sud

Report 4

Materiale esposto: PMMA
 Dimensioni: 100x100 mm
 Colorazione iniziale: / (trasparente)
 Colorazione post-esposizione: / (trasparente)
 Data di inizio esposizione: 14/06/2012
 Data di fine esposizione: 21/09/2012
 Tipo di esposizione: diretta
 Luogo di esposizione: tetto dell'edificio Giulio Natta, in piazza Leonardo Da Vinci, Milano
 Tipologia di espositore: backed exposure
 Dispositivi di fissaggio: 4 viti M3x20 + 4 rondelle M5_20
 Altezza dal suolo: 0,5 m
 Angolo di inclinazione espositore:45°
 Direzione: Sud

Report 5

Materiale esposto: PP
 Dimensioni: 100x100 mm
 Colorazione iniziale: Bianco RAL 9011
 Colorazione post-esposizione: Bianco RAL 9016
 Data di inizio esposizione: 14/06/2012
 Data di fine esposizione: 21/09/2012
 Tipo di esposizione: diretta
 Luogo di esposizione: tetto dell'edificio Giulio Natta, in piazza Leonardo Da Vinci, Milano

Tipologia di espositore: backed exposure
 Dispositivi di fissaggio: 4 viti M3x20 + 4 rondelle M5_20
 Altezza dal suolo: 0,5 m
 Angolo di inclinazione espositore:45°
 Direzione: Sud

2.1.3.4 Dati climatici (fonte:ARPA Lombardia)

Mese	Umidità (%)	Umidità (%)	Precipitaz. (mm)	Temp. °C	Temp. °C	Radiaz. globale
Giugno	Min	Max		Min	Max	Media (W/m²)
14	40	88	0	12,8	25,6	320
15	37	90	0	14,2	28,4	326
16	39	84	0	16,5	30,2	325
17	41	88	0	17,7	32	319
18	36	76	0	21,5	33,1	297
19	34	83	0	19,9	33,7	297
20	38	86	0	21,6	31,6	208
21	37	83	0	20,2	32	304
22	25	78	0	20,4	33,6	336
23	42	76	0	21,3	30,5	269
24	40	74	0	20,5	31,3	260
25	31	72	0	22,3	32,6	301
26	32	79	0	21,8	31	299
27	41	77	0	21,3	32	319
28	36	60	0	22,4	33,6	291
29	32	76	0	21,2	34	294
30	31	61	0	22,6	34,2	300
Luglio						
1	26	74	0	21,4	35,8	291
2	40	73	0,4	23	31,4	164
3	39	69	0	20,6	31,1	305
4	37	95	6	20,2	32,6	269
5	40	95	0	18,8	31,9	290

Mese	Umidità (%)	Umidità (%)	Precipitaz. (mm)	Temp. (°C)	Temp. (°C)	Radiaz.globale (W/m ²)
Luglio	Min	Max		Min	Max	Media
6	42	89	4	19,6	30	201
7	35	93	0	18,2	30,6	292
8	31	76	0	20,3	31,5	306
9	32	68	0	21,2	33,4	320
10	38	82	0	21	32,9	257
11	42	78	0	20	32	214
12	26	81	0	18,5	32,4	283
13	37	64	0	22,2	31,5	232
14	44	70	0	20,5	30,7	192
15	22	72	0	21	30,9	300
16	16	72	0	17,7	30,2	326
17	24	69	0	15,6	31,6	322
18	23	72	0	19,6	33,9	318
19	28	71	0	19,4	33,5	305
20	39	71	0	21,2	31	249
21	41	93	19,2	19,4	30,4	190
22	33	81	0	16,7	27,6	228
23	27	81	0	13	28,1	219
24	29	70	0	17,7	32,6	279
25	34	95	7,2	18,8	33,6	291
26	40	96	0	18,9	33,4	291
27	28	89	0	20,8	35,7	280
28	32	83	0,2	21,6	33,4	225
29	32	86	0	19,7	33,6	300
30	42	82	0	21,1	32,6	277
31	38	73	0	22,6	32,1	273
Agosto						
1	31	85	0	20,4	33,7	287
2	26	77	0	21,1	34,7	280
3	32	61	0	22,2	34	280

Mese	Umidità (%)	Umidità (%)	Precipitaz. (mm)	Temp. (°C)	Temp. (°C)	Radiaz.globale (W/m ²)
Agosto	Min	Max		Min	Max	Media
4	36	72	0	21,1	33,6	275
5	35	77	0	20,5	33,3	251
6	46	81	0	21	31,4	171
7	21	94	0	17,7	33,4	284
8	30	73	0	18,6	33,6	283
9	31	68	0	21,1	34	265
10	33	71	0	20,4	31,3	278
11	31	66	0	19,5	31,9	282
12	42	70	0	20,9	29,3	232
13	38	74	0	19,4	30,4	247
14	36	72	0	20,8	32,2	255
15	30	80	0	20	33,6	249
16	37	69	0	22,3	33,1	255
17	35	74	0	22,4	34	257
18	32	78	0	22	35,4	264
19	31	68	0	22,6	35,5	262
20	30	72	0	22,5	36,8	255
21	33	73	0	23,3	37,5	238
22	27	73	0	24,6	37,1	240
23	33	78	0	23,1	35,1	238
24	37	70	0	24	34,2	226
25	34	78	1,8	22,4	34	206
26	14	81	0	20,2	31,7	264
27	23	70	0	16,6	29,6	266
28	26	60	0	17,3	30,1	200
29	29	76	0	16,2	32,7	238
30	53	94	18,6	18,9	25,4	63
31	42	95	38,4	14,5	24,6	146
Settembre						
1	47	94	23,4	14,1	22,7	142

Mese	Umidità (%)	Umidità (%)	Precipitaz. (mm)	Temp. (°C)	Temp. (°C)	Radiaz.globale (W/m ²)
Settembre	Min	Max		Min	Max	Media
2	55	95	0,2	14,2	24,8	154
3	68	88	6,4	17,6	21,6	56
4	51	93	11,6	17,2	26,3	143
5	48	94	0,6	17,7	28,2	180
6	36	95	0	16,2	29,8	227
7	39	89	0	17	29,6	218
8	42	90	0	17,7	29,5	215
9	40	93	0	16,2	30	214
10	36	87	0	16,9	30,3	201
11	36	85	0	17,6	30	194
12	36	95	24,4	16,4	25,2	73
13	22	86	0	11,3	23,2	218
14	26	93	0	10,1	25,4	224
15	40	90	0	11,7	25,2	215
16	39	87	0	14,8	25,6	209
17	43	84	0	13,7	25,5	197
18	46	89	0	13,9	26,1	172
19	60	94	17,2	14,3	23,6	132
20	36	94	0	12,1	22,5	200
21	37	75	0	11,9	22,3	185

APPENDICE II: ANALISI DATI

INDAGINE SPERIMENTALE

1. Indici utilizzati per l'elaborazione dei dati¹

MEDIA

La media è un singolo valore numerico che descrive sinteticamente un insieme di dati. Esistono varie tipologie di media che possono essere scelte per descrivere un fenomeno. La media aritmetica viene usata per riassumere con un solo numero un insieme di dati su un fenomeno misurabile (per esempio, l'altezza media di una popolazione). Viene calcolata sommando i diversi valori a disposizione, i quali vengono divisi per il loro numero complessivo. La formula della media aritmetica semplice per n elementi è:

$$M_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Si dimostra facilmente che la media aritmetica è un indice di posizione, in quanto aggiungendo o moltiplicando tutti i valori per una stessa quantità la media stessa aumenta o è moltiplicata per quella stessa quantità. Come tutti gli indici di posizione, la media aritmetica fornisce l'ordine di grandezza dei valori esistenti e permette di conoscere la somma dei valori (moltiplicando la media per il numero n di elementi). Nonostante la media aritmetica sia spesso usata per fare riferimento alle tendenze, non fornisce un dato statistico robusto in quanto risente notevolmente dei valori outsider. Nelle distribuzioni simmetriche la media aritmetica può non accordarsi con il valore medio e altri indici più forti, come la mediana, forniscono una migliore descrizione della tendenza centrale. Per ovviare a questa problematica si è scelto di eliminare dal campione i due valori estremi (il maggiore ed il minore) per ciascun parametro analizzato.

¹ it.wikipedia.org, consultato il 20/09/2012

MEDIANA

In statistica descrittiva, data una distribuzione X di un carattere quantitativo oppure qualitativo ordinabile (ovvero le cui modalità possano essere ordinate in base a qualche criterio), si definisce la mediana, o mediano, come il valore/modalità (o l'insieme di valori/modalità) assunto dalle unità statistiche che si trovano nel mezzo della distribuzione. Se si procede al riordinamento delle unità in base ai valori crescenti del carattere da esse detenuto, in sostanza la Mediana bipartisce la distribuzione in due sotto-distribuzioni: la prima a sinistra della Mediana (costituita dalla metà delle unità la cui modalità è minore o uguale alla Mediana) e la seconda a destra della Mediana (costituita dalla metà delle unità la cui modalità è maggiore o uguale alla Mediana). Tecnicamente si afferma che la mediana è il valore/modalità per il quale la frequenza relativa cumulata vale 0,5, cioè il secondo quartile, ossia il 50° percentile. La mediana è un indice di posizione e rientra nell'insieme delle statistiche di ordine.

Si dice **mediana di n numeri**, e si indica con **Me**, il valore che occupa la posizione centrale nella successione dei numeri ordinati in senso non decrescente e precisamente:

- se n è dispari, il termine che occupa la posizione $(n + 1)/2$;
- se n è pari, per convenzione, la semisomma dei termini che occupano le posizioni $n/2$ e $(n/2 + 1)$

La mediana rimane invariata se si sostituiscono i termini minori (maggiori) di essa con altri diversi, ma comunque minori (maggiori) di **Me**.

PERCENTILI

I percentili possono essere letti come generalizzazione della mediana, essendo i valori che suddividono l'insieme dei termini (o delle modalità ordinali) in due parti, con quote percentuali prefissate. Si dice percentile di ordine z e si indica con **x_z** ($0 < z < 100\%$) il numero che suddivide la successione dei valori ordinati in senso non decrescente in due parti, tali che i valori minori o uguali a x_z siano una percentuale uguale a z . Il nono decile, $x_{90\%}$, ad esempio, è il valore che suddivide la distribuzione in due parti tali che le unità statistiche con valori della variabile minori o uguali ad $x_{90\%}$ siano il 90% del totale e le unità con valori maggiori siano il restante 10%.

I percentili più usati sono:

la **mediana**, percentile di ordine $z = 50\%$

I **quartili** dividono la distribuzione in quattro parti uguali: $x_{25\%}$, $x_{50\%}$, $x_{75\%}$.

I **decili**, definiti come $x_{10\%}$, $x_{20\%}$, $x_{30\%}$, $x_{40\%}$, $x_{50\%}$, $x_{60\%}$, $x_{70\%}$, $x_{80\%}$, $x_{90\%}$.

DEVIAZIONE STANDARD

La deviazione standard o scarto tipo o scarto quadratico medio è un indice di dispersione delle misure sperimentali, vale a dire è una stima della variabilità di una popolazione di dati o di una variabile casuale. La deviazione standard è uno dei modi per esprimere la dispersione dei dati intorno ad un indice di posizione, quale può essere, ad esempio, il valore atteso o una stima del suddetto valore atteso. La deviazione standard ha pertanto la stessa unità di misura dei valori. In statistica la precisione si

può esprimere come deviazione standard. Se non indicato diversamente, la deviazione standard è semplicemente la radice quadrata della varianza, la quale viene coerentemente rappresentata con il quadrato di sigma (σ^2).

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \langle x \rangle)^2}{N}}$$

dove $\langle x \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$ è la media aritmetica.

Formalmente lo scarto tipo di una variabile casuale può essere calcolato a partire dalla funzione generatrice dei momenti (radice quadrata della differenza tra il momento secondo ed il momento primo elevato al quadrato).

A partire dallo scarto tipo si definisce anche il coefficiente di variazione o la *deviazione standard relativa* come il rapporto tra lo scarto tipo e il modulo della media aritmetica dei valori:

$$\sigma_x^* = \frac{\sigma_x}{|\langle x \rangle|}$$

Questo nuovo parametro (spesso usato in forma percentuale, cioè come = **%RSD = $\sigma_x^* = 100 \sigma_x$**) consente di effettuare confronti tra dispersioni di dati di tipo diverso, indipendentemente dalle loro quantità assolute.

2. Analisi dati test_0

2.1 VALUTAZIONE DELLA PERCEZIONE EMOZIONALE DEI MATERIALI

2.1.1 Livello 1

E' stata analizzata singolarmente ogni emozione, al fine di stabilire a quali materiale potessero essere collegati i valori emozionali massimi e minimi e quali fossero le emozioni maggiormente significative.

2.1.1.1 Emozioni positive

Desiderio

Il *desiderio* è un sentimento intenso che spinge a cercare il possesso, il conseguimento o l'attuazione di quanto possa appagare un proprio bisogno fisico o spirituale, ma è anche il sentimento che descrive la mancanza di qualcosa necessario al nostro interesse fisico o spirituale.² È dunque una emozione dalla forte intensità, quindi comprensibilmente per oggetti così semplici come quelli testati è stata valutata con valori bassi, dai dati si evince inoltre che l'emozione *desiderio* è percepita in maniera molto uniforme per tutti i materiali analizzati. Il materiale considerato maggiormente desiderabile è il bicchiere in PP, caratterizzato da un brillante color rosa, mentre quello meno desiderabile è il bicchiere in PMMA, oggetto trasparente visibilmente ingiallito e graffiato.

Soddisfazione

La *soddisfazione* è una emozione legata all'appagamento di un desiderio ed alla rispondenza ai propri gusti, alle proprie esigenze³. Dai dati raccolti emerge che gli oggetti considerati maggiormente soddisfacenti, ABS_0, PMMA_0 PP_0, siano tutti oggetti nuovi. In generale infatti gli oggetti nuovi sono considerati maggiormente soddisfacenti di quelli degradati. Gli oggetti meno soddisfacenti sono risultati il PC_1 e il PMMA_1, gli unici due oggetti trasparenti, essi erano infatti quelli che maggiormente mostravano il loro grado di invecchiamento, essendo ingialliti e graffiati.

Orgoglio

L'*orgoglio* è un sentimento legato alla stima di sé, ad una profonda dignità e fierezza⁴. Come nel caso della *soddisfazione* anche per l'*orgoglio* gli oggetti che hanno ricevuto le valutazioni maggiori sono stati gli oggetti nuovi, mentre le valutazioni peggiori sono state conferite agli unici due oggetti trasparenti, PC_1 e PMMA_1.

Speranza

La *speranza* è un sentimento di aspettazione fiduciosa nella realizzazione, presente o futura, di quanto si desidera.⁵ È quindi un'emozione legata ad aspettative future, che difficilmente vengono riposte in semplici oggetti da cucina. La valutazione media è stata infatti la più bassa registrata tra le emozioni positive. Anche in questo caso gli oggetti PC_1 e il PMMA_1 hanno ricevuto le valutazioni più basse.

Gioia

La *gioia* è un'intensa e piacevole emozione che si prova quando un fine, più o meno consapevolmente perseguito, viene raggiunto o un desiderio trova appagamento, e si manifesta di solito nell'aspetto esteriore della persona⁶. In questo caso tutti gli oggetti invecchiati vengono valutati negativamente rispetto ai loro corrispettivi nuovi, ad eccezione della scatola in PET in cui oggetto nuovo e vecchio ricevono un uguale punteggio. L'oggetto che riceve il punteggio maggiore è il bicchiere nuovo in PMMA.

Fascino

Il *fascino* è un sentimento legato alla potenza di attrazione e di seduzione: un oggetto fascinoso attira la nostra attenzione e ci porta a desiderarlo⁷. Nonostante tutti gli oggetti del test fossero artefatti molto comuni e conosciuti tutti gli oggetti sono stati considerati affascinanti, seppur con intensità differenti, il *fascino* diventa quindi l'emozione maggiormente percepita. Gli oggetti considerati più affascinanti sono ABS_0 e il PP_0, e curiosamente per la prima volta un oggetto invecchiato, la scatola in PET_1 e il bicchiere in PMMA_1, deformati e scoloriti, ricevono una valutazione positiva, maggiore di quella assegnata al loro corrispettivo nuovo.

5 Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti Treccani, Op. Cit.

6 Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti Treccani, Op. Cit.

7 Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti Treccani, Op. Cit.

2 Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti Treccani, www.treccani.it, consultato il 19/09/2012

3 Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti Treccani, Op. Cit.

4 Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti Treccani, Op. Cit.

Desiderio

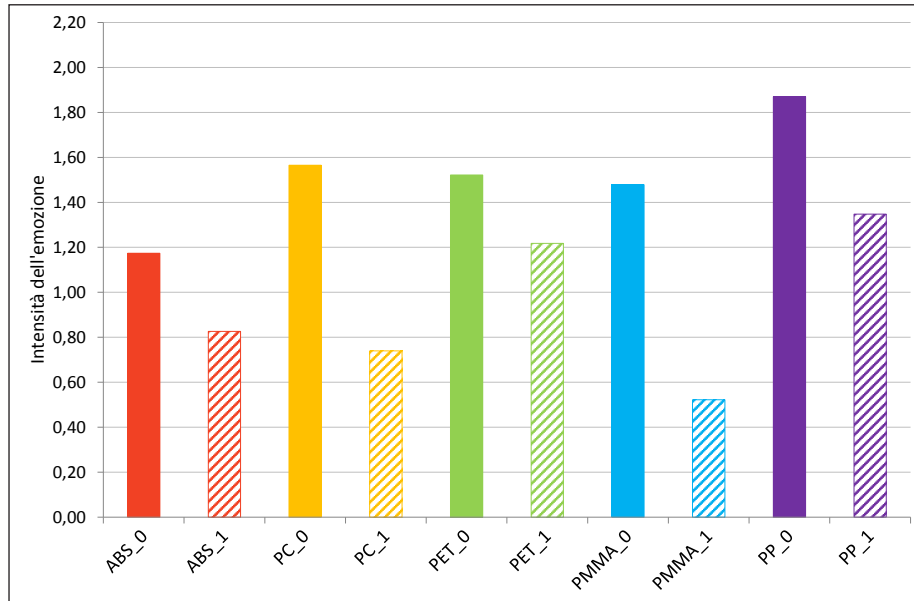


Grafico 1. Valutazione dell'emozione *desiderio* per singolo materiale (valori medi di percezione).

Desiderio	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
ABS_0	1,17	1	2	0	0,98
ABS_1	0,83	1	1,7	0	0,94
PC_0	1,57	1	2,7	1	0,90
PC_1	0,74	1	2	0	0,81
PET_0	1,52	1	3	1	1,12
PET_1	1,22	1	2	0	1,04
PMMA_0	1,48	1	3	1	1,08
PMMA_1	0,52	0	1	0	0,67
PP_0	1,87	2	3	1	1,36
PP_1	1,35	1	2	0	1,30
Valore medio	1,23				

Tabella 1. Valutazione dell'emozione *desiderio* per singolo materiale.

Soddisfazione

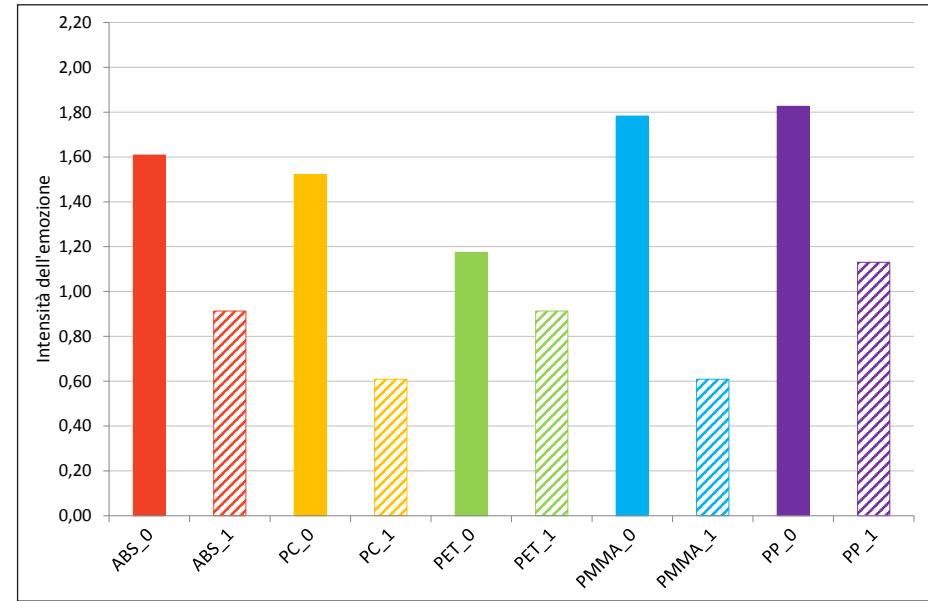


Grafico 2. Valutazione dell'emozione *soddisfazione* per singolo materiale (valori medi di percezione).

Soddisfazione	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
ABS_0	1,61	2	3	1	1,20
ABS_1	0,91	1	2	0	1,04
PC_0	1,52	1	2,7	1	1,04
PC_1	0,61	0	1,7	0	0,78
PET_0	1,17	1	2	0	1,07
PET_1	0,91	1	2	0	0,85
PMMA_0	1,78	2	3	0,5	1,38
PMMA_1	0,61	0	2	0	0,84
PP_0	1,83	2	3	1	1,15
PP_1	1,13	1	3	0	1,32
Valore medio	1,21				

Tabella 2. Valutazione dell'emozione *soddisfazione* per singolo materiale.

Orgoglio

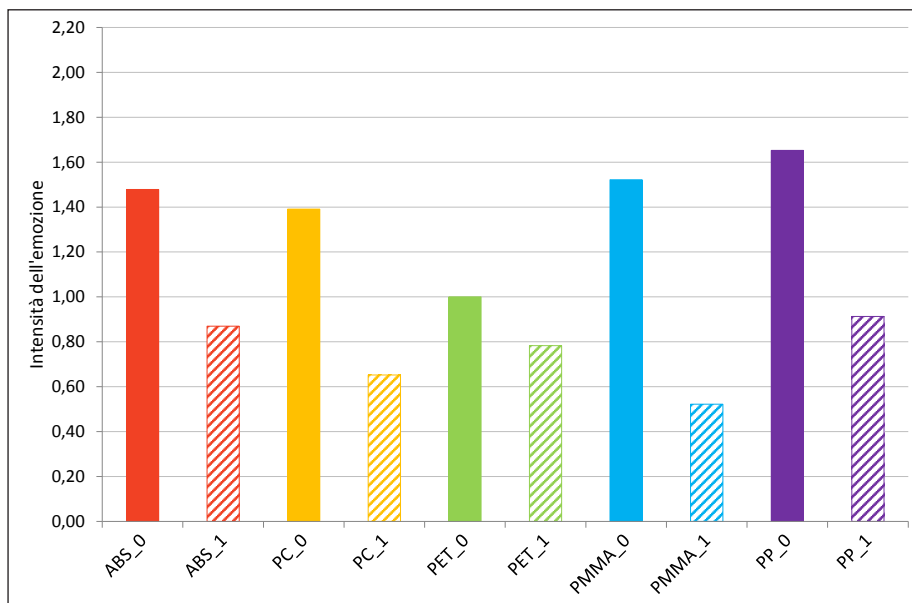


Grafico 3. Valutazione dell'emozione *orgoglio* per singolo materiale (valori medi di percezione).

Orgoglio	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
ABS_0	1,48	2	3	0	1,24
ABS_1	0,87	1	2	0	0,97
PC_0	1,39	1	2	1	0,99
PC_1	0,65	0	1	0	0,83
PET_0	1,00	1	2	0	0,90
PET_1	0,78	1	2	0	0,85
PMMA_0	1,52	2	3	1	1,08
PMMA_1	0,52	0	1	0	0,79
PP_0	1,65	2	2,7	1	1,03
PP_1	0,91	0	2	0	1,08
Valore medio	1,08				

Tabella 3. Valutazione dell'emozione *orgoglio* per singolo materiale.

Speranza

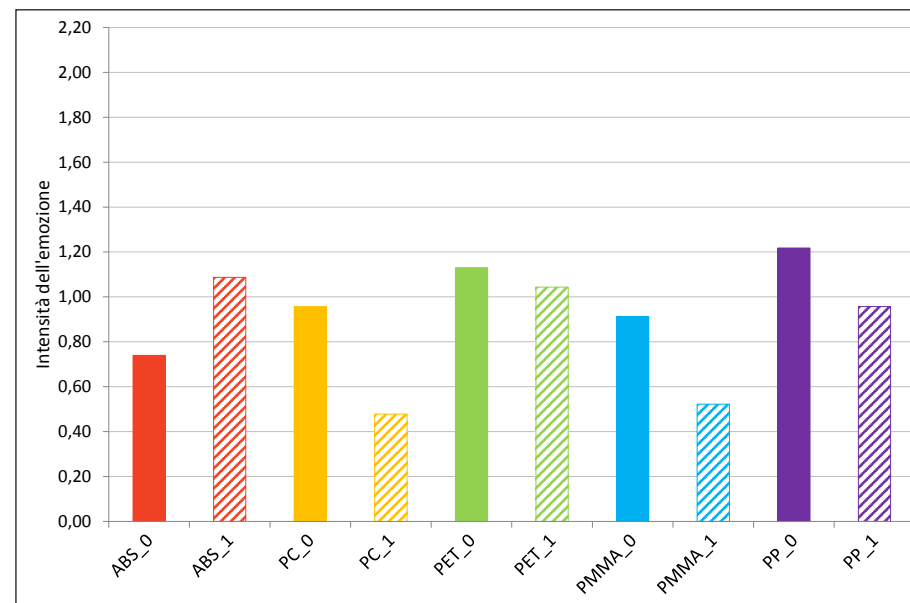


Grafico 4. Valutazione dell'emozione *speranza* per singolo materiale (valori medi di percezione).

Speranza	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
ABS_0	0,74	1	1,7	0	0,86
ABS_1	1,09	1	2	1	0,85
PC_0	0,96	1	2	0	0,82
PC_1	0,48	0	1	0	0,59
PET_0	1,13	1	2	0	1,06
PET_1	1,04	1	2	0	1,11
PMMA_0	0,91	1	2	0	0,73
PMMA_1	0,52	0	1	0	0,73
PP_0	1,22	1	2	0	1,09
PP_1	0,96	1	2	0	1,07
Valore medio	0,90				

Tabella 4. Valutazione dell'emozione *speranza* per singolo materiale.

Gioia

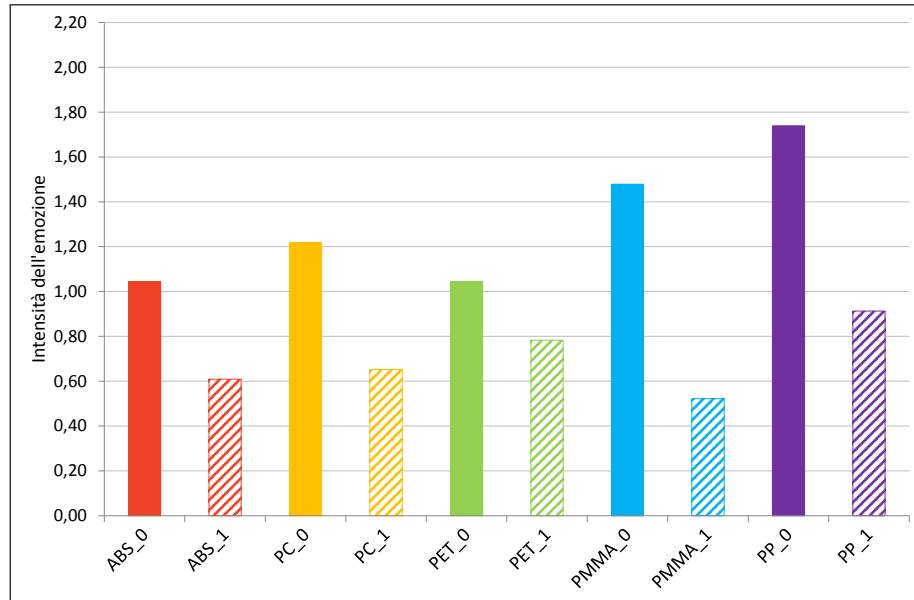


Grafico 5. Valutazione dell'emozione *gioia* per singolo materiale (valori medi di percezione).

Gioia	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
ABS_0	1,04	1	2	0	0,93
ABS_1	0,61	0	1,7	0	0,89
PC_0	1,22	1	2	0	0,95
PC_1	0,65	0	1,7	0	0,98
PET_0	1,04	1	2	0	1,02
PET_1	0,78	1	2	0	0,85
PMMA_0	1,48	2	3	0	1,20
PMMA_1	0,52	0	1	0	0,59
PP_0	1,74	1	3	0,5	1,45
PP_1	0,91	0	3	0	1,24
Valore medio	1,00				

Tabella 5. Valutazione dell'emozione *gioia* per singolo materiale.

Fascino

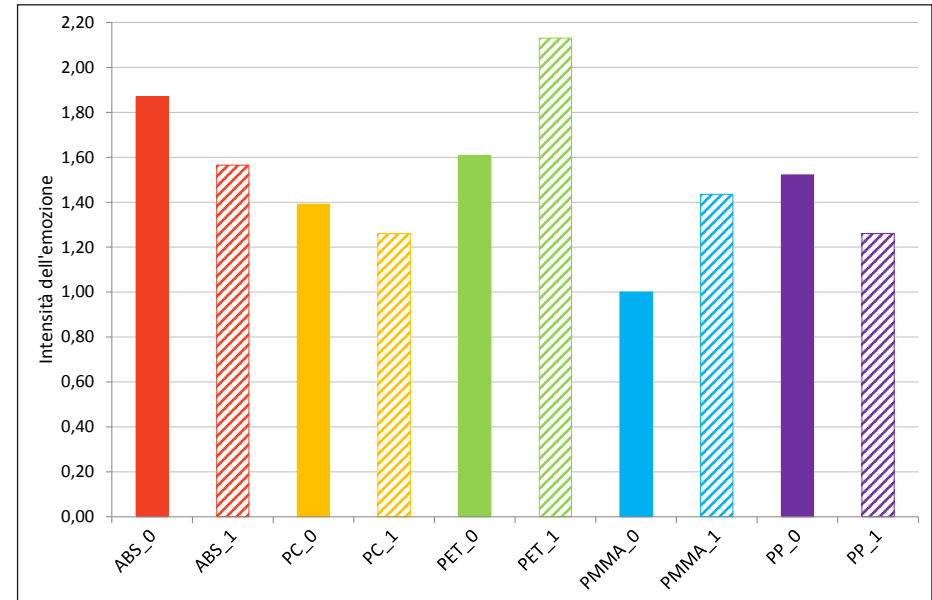


Grafico 6. Valutazione dell'emozione *fascino* per singolo materiale (valori medi di percezione).

Fascino	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
ABS_0	1,87	2	3	1	1,29
ABS_1	1,57	1	3	1	0,99
PC_0	1,39	1	2	1	0,89
PC_1	1,26	1	2,7	0,5	1,05
PET_0	1,61	1	3	1	1,12
PET_1	2,13	2	4	1	1,49
PMMA_0	1,00	1	2	0,5	0,74
PMMA_1	1,43	1	3	1	1,08
PP_0	1,52	2	3	1	1,08
PP_1	1,26	1	2	1	1,01
Valore medio	1,50				

Tabella 6. Valutazione dell'emozione *fascino* per singolo materiale.

2.1.1.2 Emozioni negative

Disgusto

Il *disgusto* viene descritto come una sensazione di repulsione, fastidio, senso di stanchezza o di ripugnanza rispetto a qualcosa⁸. Questa emozione è stata maggiormente percepita negli oggetti invecchiati rispetto ai loro corrispettivi nuovi. I campioni che ottengono le valutazioni maggiori sono PC_1 e PMMA_1, gli unici due oggetti trasparenti.

Insoddisfazione

L'*insoddisfazione* è un sentimento di intima scontentezza dovuto a cause determinate e spesso provenienti dalle azioni proprie, causa di frustrazione e infelicità⁹. È una emozione che viene spesso provata durante l'utilizzo dei prodotti in relazione a feedback negativi degli stessi nella fase d'uso.

Anche in questo caso l'emozione ha una forte intensità, e per questo non viene percepita particolarmente significativa per l'analisi di oggetti così semplici. Si nota che le valutazioni maggiori sono state assegnate a PC_1 e PMMA_1, gli unici oggetti trasparenti invecchiati.

Vergogna

La *vergogna* è un sentimento più o meno profondo di turbamento e di disagio suscitato dalla coscienza o dal timore della riprovazione e della condanna di altri per un'azione, un comportamento o una situazione, che siano o possano essere oggetto di un giudizio sfavorevole, di disprezzo o di discredito¹⁰. Dall'analisi dei dati è emerso che difficilmente essa può essere correlata a specifici materiali, seppur con evidenti segni di degrado. La scatola in PET_0 ha ottenuto una valutazione media pari a 0, dimostrando di non corrispondere minimamente all'emozione analizzata.

Paura

La *paura* è uno stato emotivo consistente in un senso di insicurezza, di smarrimento e di ansia di fronte a un pericolo reale o immaginario o dinanzi a cosa o a fatto che sia o si creda dannoso¹¹. È una emozione a forte intensità ed è quindi significativo che ancora una volta i materiali che ottengono i punteggi maggiori siano i due materiali trasparenti, PC_1 e PMMA_1.

8 Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti Treccani, Op. Cit.

9 Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti Treccani, Op. Cit.

10 Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti Treccani, Op. Cit.

11 Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti Treccani, Op. Cit.

Tristezza

La *tristezza* è una condizione che ispira sentimenti dolorosi¹².

Tale emozione non viene percepita particolarmente significativa per l'analisi, tuttavia tutte le valutazioni maggiori sono assegnate agli oggetti invecchiati.

Noia

La *noia* viene definita come il senso di insoddisfazione, di fastidio, di tristezza, che proviene o dalla mancanza di attività e dall'ozio o dal sentirsi occupato in cosa monotona, contraria alla propria inclinazione.

Sebbene il valore mediano di ciascun campione sia uguale a 0 si nota che nei valori medi esiste una leggera differenza percettiva tra oggetti nuovi e invecchiati, gli utenti hanno infatti considerato più noiosi i primi dei secondi, ad esclusione dei campioni in PP, che non presentavano segni visibili di invecchiamento. Questo significa che i campioni invecchiati risultano più interessanti dei corrispettivi nuovi.

12 Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti Treccani, Op. Cit.

Disgusto

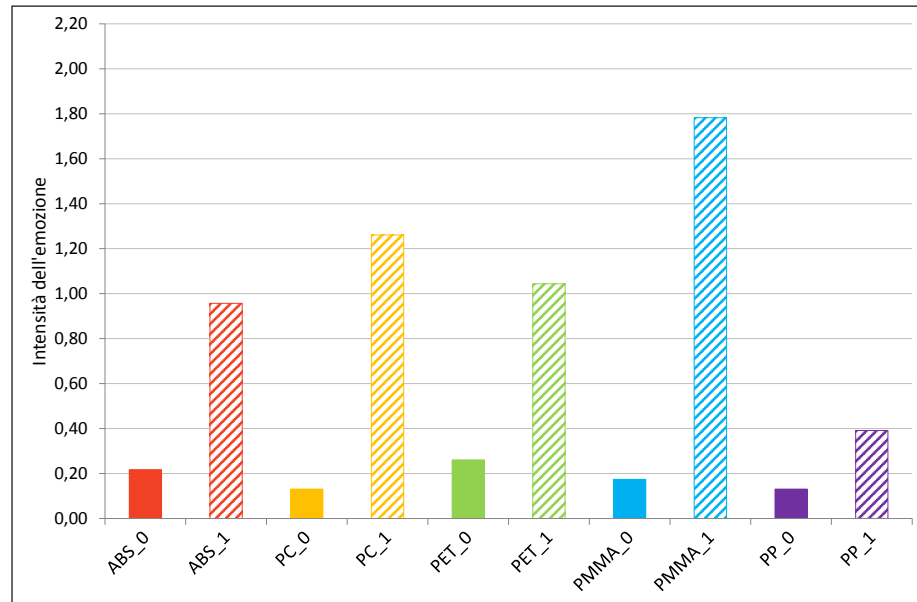


Grafico 7. Valutazione dell'emozione *disgusto* per singolo materiale (valori medi di percezione).

Disgusto	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
ABS_0	0,22	0	0	0	0,74
ABS_1	0,96	0	2	0	1,11
PC_0	0,13	0	0	0	0,34
PC_1	1,26	1	3	0	1,29
PET_0	0,26	0	0,7	0	0,62
PET_1	1,04	1	2,7	0	1,19
PMMA_0	0,17	0	0	0	0,49
PMMA_1	1,78	2	3	0	1,54
PP_0	0,13	0	0	0	0,34
PP_1	0,39	0	1	0	0,58
Valore medio	0,63				

Tabella 7. Valutazione dell'emozione *disgusto* per singolo materiale.

Insoddisfazione

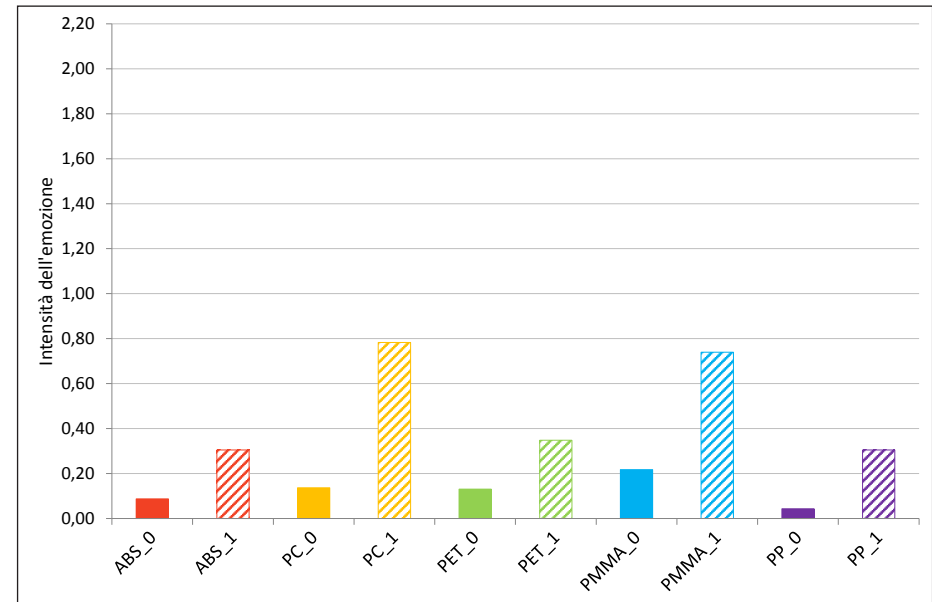


Grafico 8. Valutazione dell'emozione *insoddisfazione* per singolo materiale (valori medi di percezione).

Insoddisfazione	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
ABS_0	0,09	0	0	0	0,29
ABS_1	0,30	0	0,7	0	0,76
PC_0	0,14	0	0	0	0,35
PC_1	0,78	0	2	0	0,90
PET_0	0,13	0	0	0	0,46
PET_1	0,35	0	1	0	0,78
PMMA_0	0,22	0	0,7	0	0,52
PMMA_1	0,74	0	2	0	1,05
PP_0	0,04	0	0	0	0,21
PP_1	0,30	0	1	0	0,56
Valore medio	0,31				

Tabella 8. Valutazione dell'emozione *insoddisfazione* per singolo materiale.

Vergogna

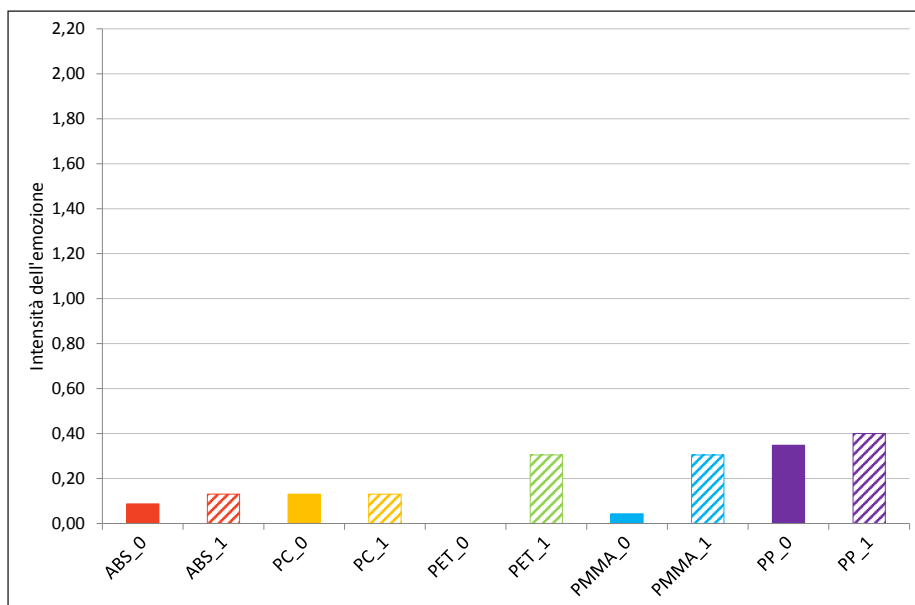


Grafico 9. Valutazione dell'emozione *vergogna* per singolo materiale (valori medi di percezione).

Vergogna	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
ABS_0	0,09	0	0	0	0,29
ABS_1	0,13	0	0	0	0,34
PC_0	0,13	0	0	0	0,46
PC_1	0,13	0	0	0	0,34
PET_0	0,00	0	0	0	0,00
PET_1	0,30	0	1	0	0,56
PMMA_0	0,04	0	0	0	0,21
PMMA_1	0,30	0	1	0	0,70
PP_0	0,35	0	1	0	0,57
PP_1	0,40	0	1	0	0,65
Valore medio	0,19				

Tabella 9. Valutazione dell'emozione *vergogna* per singolo materiale.

Paura

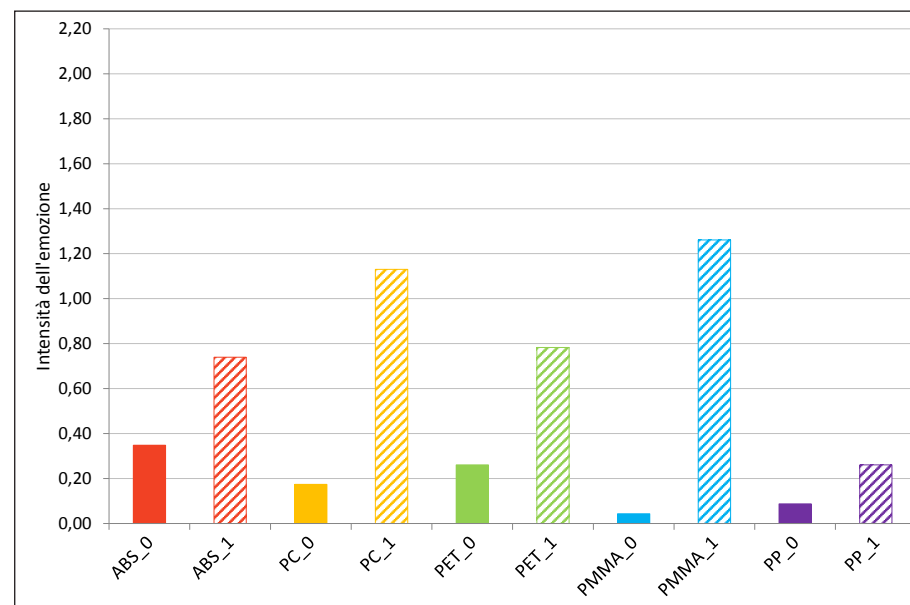


Grafico 10. Valutazione dell'emozione *paura* per singolo materiale (valori medi di percezione).

Paura	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
ABS_0	0,35	0	1	0	0,57
ABS_1	0,74	0	2	0	1,01
PC_0	0,17	0	0	0	0,49
PC_1	1,13	1	2,7	0	1,25
PET_0	0,26	0	0,7	0	0,62
PET_1	0,78	0	2	0	1,09
PMMA_0	0,04	0	0	0	0,21
PMMA_1	1,26	1	3	0	1,48
PP_0	0,09	0	0	0	0,29
PP_1	0,26	0	1	0	0,45
Valore medio	0,51				

Tabella 10. Valutazione dell'emozione *paura* per singolo materiale.

Tristezza

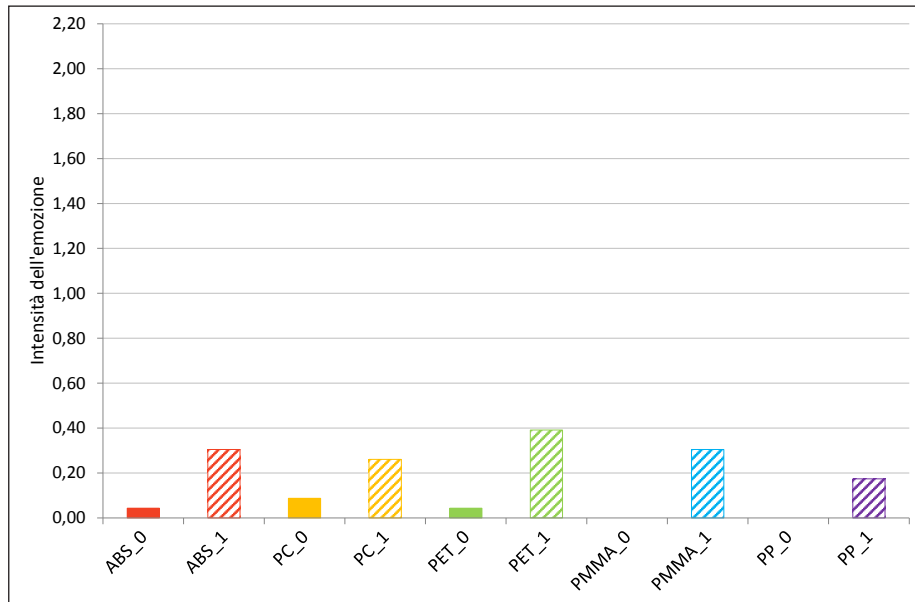


Grafico 11. Valutazione dell'emozione *tristezza* per singolo materiale (valori medi di percezione).

Tristezza	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
ABS_0	0,04	0	0	0	0,21
ABS_1	0,30	0	0,7	0	0,70
PC_0	0,09	0	0	0	0,29
PC_1	0,26	0	0,7	0	0,62
PET_0	0,04	0	0	0	0,21
PET_1	0,39	0	1	0	0,58
PMMA_0	0,00	0	0	0	0,00
PMMA_1	0,30	0	1	0	0,56
PP_0	0,00	0	0	0	0,00
PP_1	0,17	0	0	0	0,49
Valore medio	0,16				

Tabella 11. Valutazione dell'emozione *tristezza* per singolo materiale.

Noia

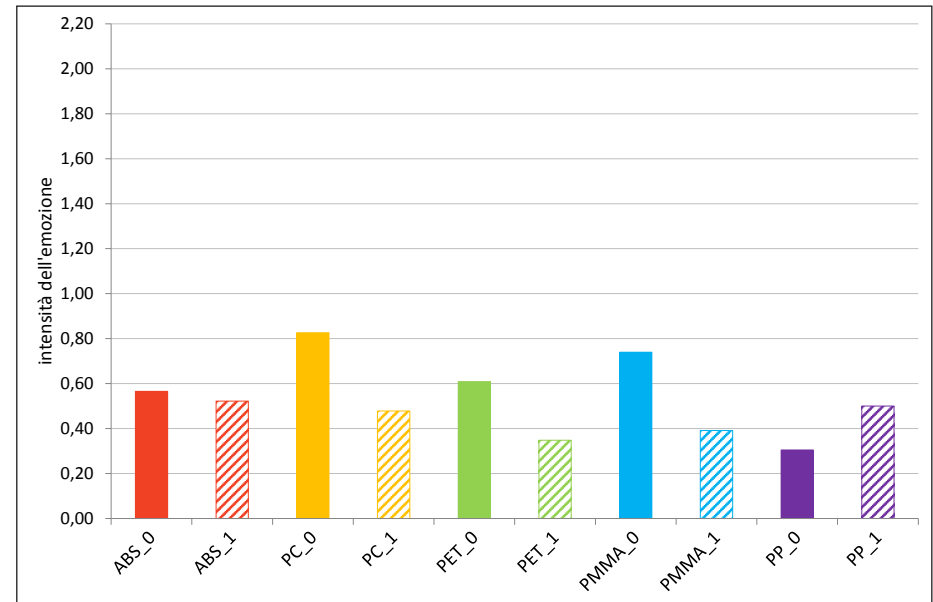


Grafico 12. Valutazione dell'emozione *noia* per singolo materiale (valori medi di percezione).

Noia	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
ABS_0	0,57	0	1	0	0,95
ABS_1	0,52	0	1,7	0	0,99
PC_0	0,83	0	2	0	1,03
PC_1	0,48	0	1,7	0	0,90
PET_0	0,61	0	1	0	0,84
PET_1	0,35	0	1	0	0,65
PMMA_0	0,74	0	2	0	1,14
PMMA_1	0,39	0	1	0	0,58
PP_0	0,30	0	1	0	0,47
PP_1	0,50	0	1	0	0,74
Valore medio	0,53				

Tabella 12. Valutazione dell'emozione *noia* per singolo materiale.

2.1.2 Livello 3

Desiderio

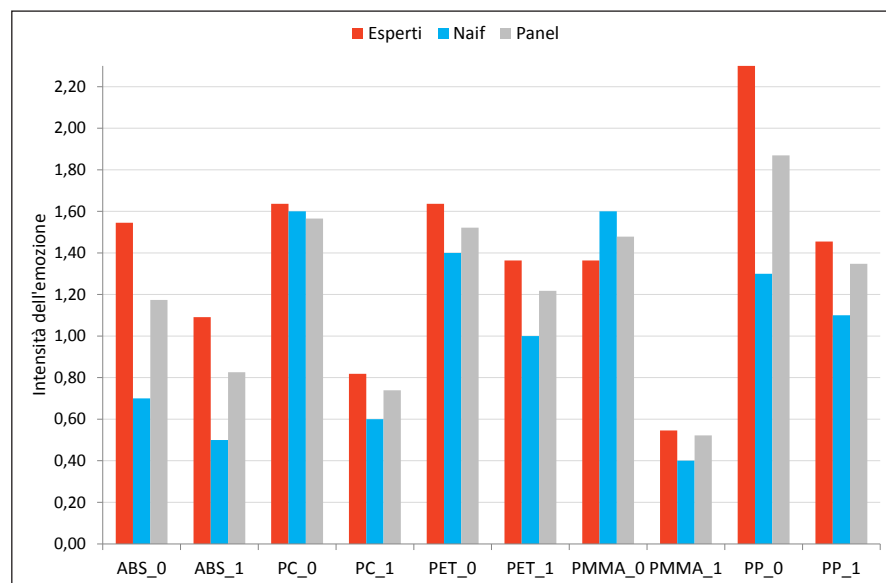


Grafico 13. Valutazione dell'emozione *desiderio* per singolo panel (valori medi di percezione).

Desiderio	Esperti	Naif	Panel
ABS_0	1,55	0,70	1,17
ABS_1	1,09	0,50	0,83
PC_0	1,64	1,60	1,57
PC_1	0,82	0,60	0,74
PET_0	1,64	1,40	1,52
PET_1	1,36	1,00	1,22
PMMA_0	1,36	1,60	1,48
PMMA_1	0,55	0,40	0,52
PP_0	2,36	1,30	1,87
PP_1	1,45	1,10	1,35
Valore medio	1,38	1,02	1,23
Differenza panel	0,36		

Tabella 13. Valutazione dell'emozione *desiderio* per singolo panel (valori medi di percezione).

Soddisfazione

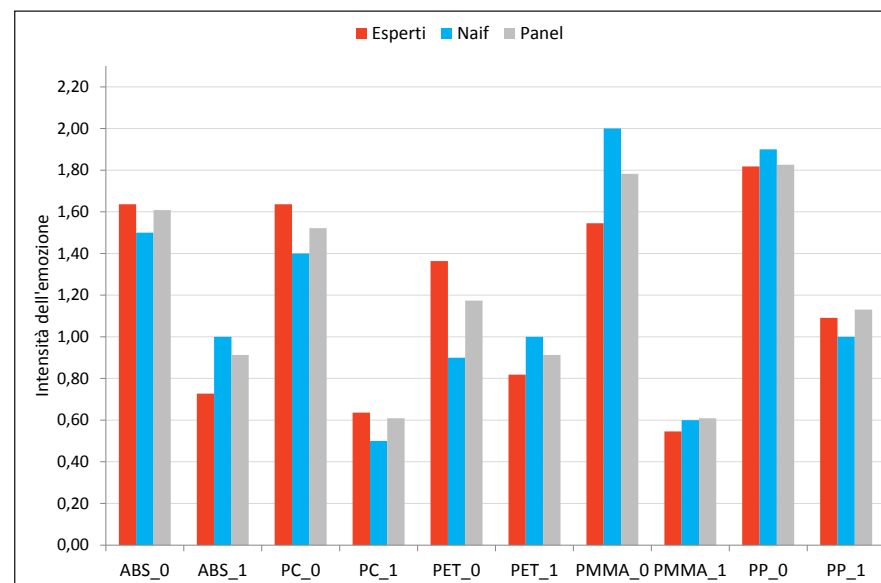


Grafico 14. Valutazione dell'emozione *soddisfazione* per singolo panel (valori medi di percezione).

Soddisfazione	Esperti	Naif	Panel
ABS_0	1,64	1,50	1,61
ABS_1	0,73	1,00	0,91
PC_0	1,64	1,40	1,52
PC_1	0,64	0,50	0,61
PET_0	1,36	0,90	1,17
PET_1	0,82	1,00	0,91
PMMA_0	1,55	2,00	1,78
PMMA_1	0,55	0,60	0,61
PP_0	1,82	1,90	1,83
PP_1	1,09	1,00	1,13
Valore medio	1,18	1,18	1,21
Differenza panel	0,00		

Tabella 14. Valutazione dell'emozione *soddisfazione* per singolo panel (valori medi di percezione).

Orgoglio

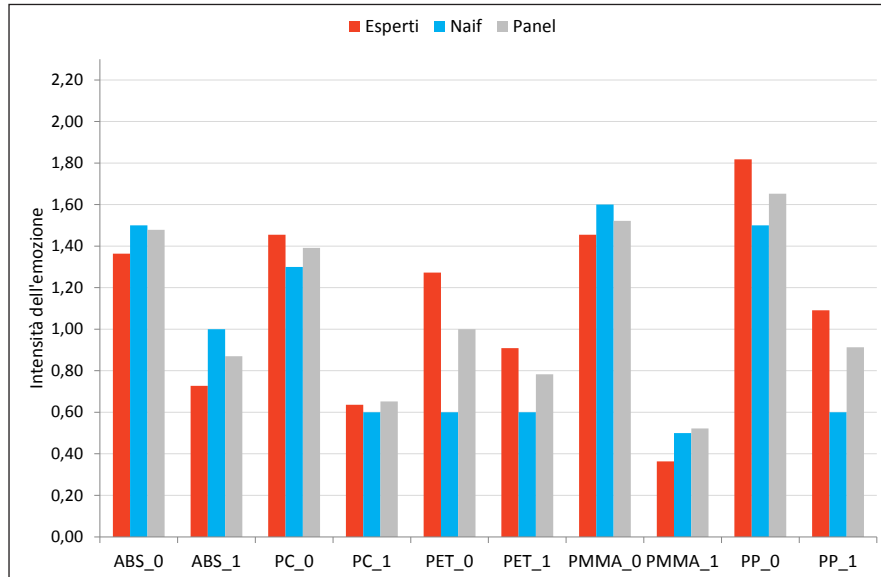


Grafico 15. Valutazione dell'emozione *orgoglio* per singolo panel (valori medi di percezione).

Orgoglio	Esperti	Naif	Panel
ABS_0	1,36	1,50	1,48
ABS_1	0,73	1,00	0,87
PC_0	1,45	1,30	1,39
PC_1	0,64	0,60	0,65
PET_0	1,27	0,60	1,00
PET_1	0,91	0,60	0,78
PMMA_0	1,45	1,60	1,52
PMMA_1	0,36	0,50	0,52
PP_0	1,82	1,50	1,65
PP_1	1,09	0,60	0,91
Valore medio	1,11	0,98	1,08
Differenza panel	0,13		

Tabella 15. Valutazione dell'emozione *orgoglio* per singolo panel (valori medi di percezione).

Speranza

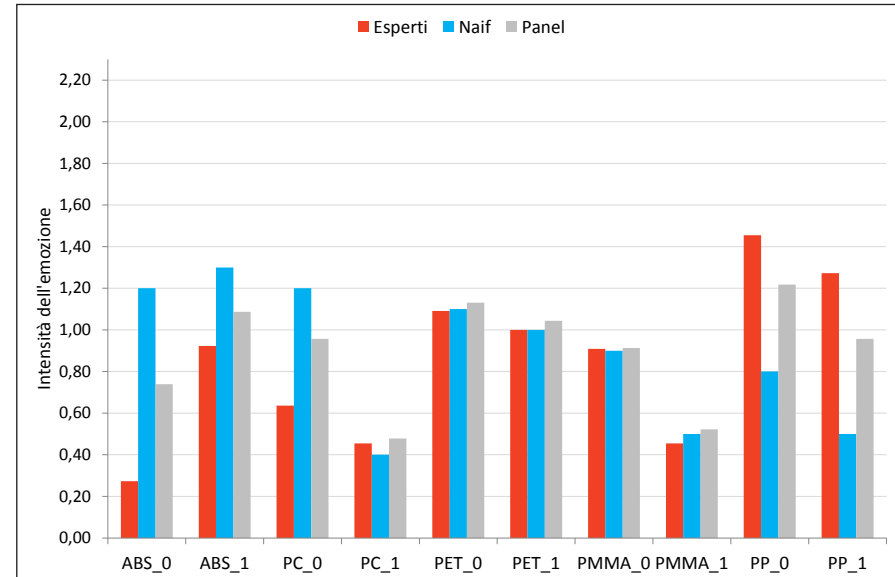


Grafico 16. Valutazione dell'emozione *speranza* per singolo panel (valori medi di percezione).

Speranza	Esperti	Naif	Panel
ABS_0	0,27	1,20	0,74
ABS_1	0,92	1,30	1,09
PC_0	0,64	1,20	0,96
PC_1	0,45	0,40	0,48
PET_0	1,09	1,10	1,13
PET_1	1,00	1,00	1,04
PMMA_0	0,91	0,90	0,91
PMMA_1	0,45	0,50	0,52
PP_0	1,45	0,80	1,22
PP_1	1,27	0,50	0,96
Valore medio	0,85	0,89	0,90
Differenza panel	-0,04		

Tabella 16. Valutazione dell'emozione *speranza* per singolo panel (valori medi di percezione).

Gioia

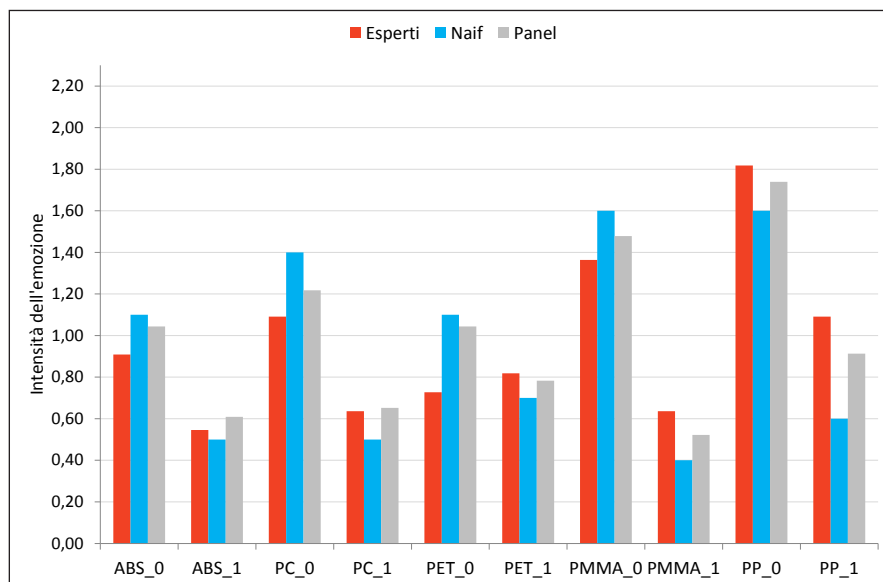


Grafico 17. Valutazione dell'emozione *gioia* per singolo panel (valori medi di percezione).

Gioia	Esperti	Naif	Panel
ABS_0	0,91	1,10	1,04
ABS_1	0,55	0,50	0,61
PC_0	1,09	1,40	1,22
PC_1	0,64	0,50	0,65
PET_0	0,73	1,10	1,04
PET_1	0,82	0,70	0,78
PMMA_0	1,36	1,60	1,48
PMMA_1	0,64	0,40	0,52
PP_0	1,82	1,60	1,74
PP_1	1,09	0,60	0,91
Valore medio	0,96	0,95	1,00
Differenza panel	0,01		

Tabella 17. Valutazione dell'emozione *gioia* per singolo panel (valori medi di percezione).

Fascino

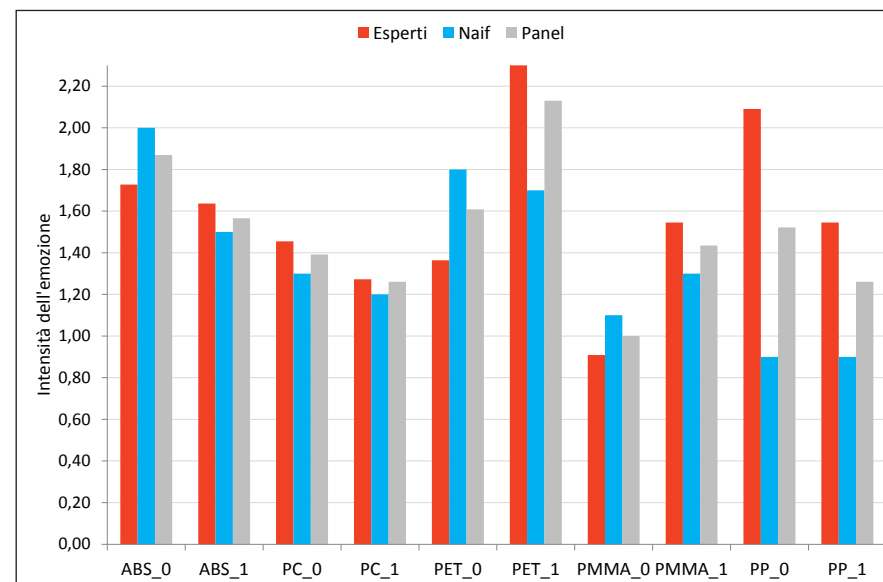


Grafico 18. Valutazione dell'emozione *fascino* per singolo panel (valori medi di percezione).

Fascino	Esperti	Naif	Panel
ABS_0	1,73	2,00	1,87
ABS_1	1,64	1,50	1,57
PC_0	1,45	1,30	1,39
PC_1	1,27	1,20	1,26
PET_0	1,36	1,80	1,61
PET_1	2,45	1,70	2,13
PMMA_0	0,91	1,10	1,00
PMMA_1	1,55	1,30	1,43
PP_0	2,09	0,90	1,52
PP_1	1,55	0,90	1,26
Valore medio	1,60	1,37	1,50
Differenza panel	0,23		

Tabella 18. Valutazione dell'emozione *fascino* per singolo panel (valori medi di percezione).

Disgusto

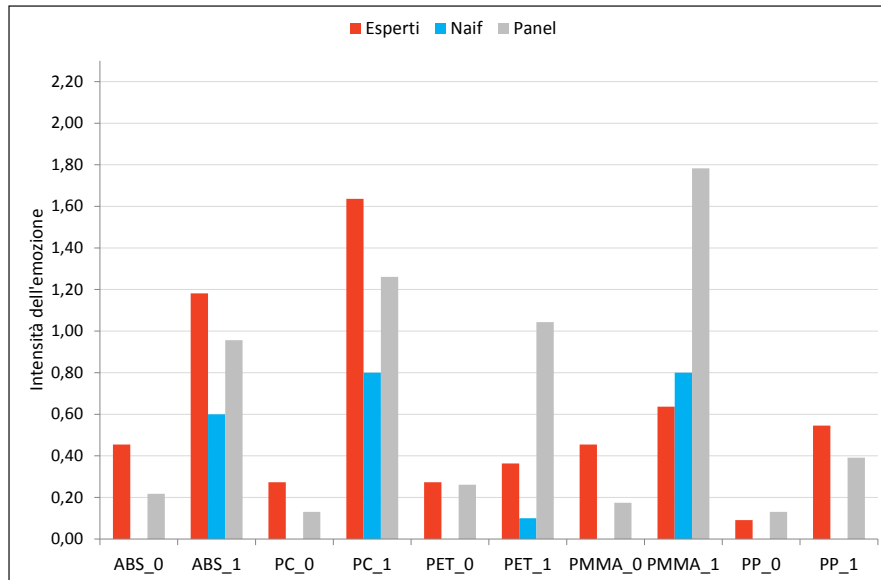


Grafico 19. Valutazione dell'emozione *disgusto* per singolo panel (valori medi di percezione).

Disgusto	Esperti	Naif	Panel
ABS_0	0,45	0,00	0,22
ABS_1	1,18	0,60	0,96
PC_0	0,27	0,00	0,13
PC_1	1,64	0,80	1,26
PET_0	0,27	0,00	0,26
PET_1	0,36	0,10	1,04
PMMA_0	0,45	0,00	0,17
PMMA_1	0,64	0,80	1,78
PP_0	0,09	0,00	0,13
PP_1	0,55	0,00	0,39
Valore medio	0,59	0,23	0,63
Differenza panel	0,36		

Tabella 19. Valutazione dell'emozione *disgusto* per singolo panel (valori medi di percezione).

Insoddisfazione

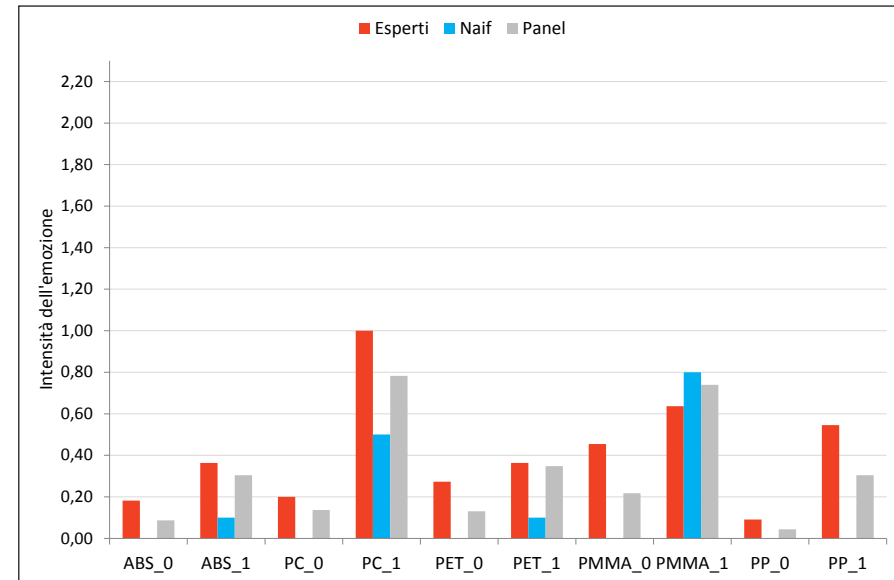


Grafico 20. Valutazione dell'emozione *insoddisfazione* per singolo panel (valori medi di percezione).

Insoddisfazione	Esperti	Naif	Panel
ABS_0	0,18	0,00	0,09
ABS_1	0,36	0,10	0,30
PC_0	0,20	0,00	0,14
PC_1	1,00	0,50	0,78
PET_0	0,27	0,00	0,13
PET_1	0,36	0,10	0,35
PMMA_0	0,45	0,00	0,22
PMMA_1	0,64	0,80	0,74
PP_0	0,09	0,00	0,04
PP_1	0,55	0,00	0,30
Valore medio	0,41	0,15	0,31
Differenza panel	0,26		

Tabella 20. Valutazione dell'emozione *insoddisfazione* per singolo panel (valori medi di percezione).

Vergogna

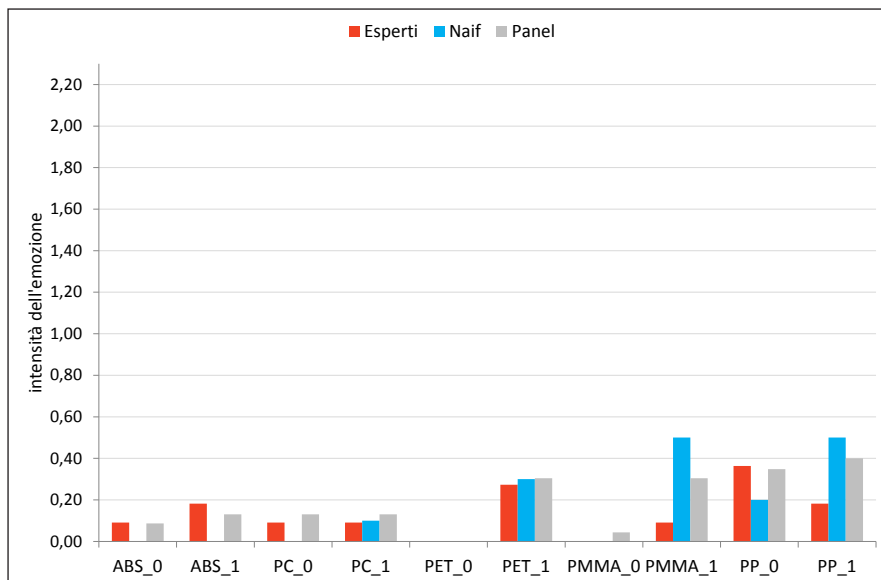


Grafico 21. Valutazione dell'emozione *vergogna* per singolo panel (valori medi di percezione).

Vergogna	Esperti	Naif	Panel
ABS_0	0,09	0,00	0,09
ABS_1	0,18	0,00	0,13
PC_0	0,09	0,00	0,13
PC_1	0,09	0,10	0,13
PET_0	0,00	0,00	0,00
PET_1	0,27	0,30	0,30
PMMA_0	0,00	0,00	0,04
PMMA_1	0,09	0,50	0,30
PP_0	0,36	0,20	0,35
PP_1	0,18	0,50	0,40
Valore medio	0,14	0,16	0,19
Differenza panel	-0,02		

Tabella 21. Valutazione dell'emozione *vergogna* per singolo panel (valori medi di percezione).

Paura

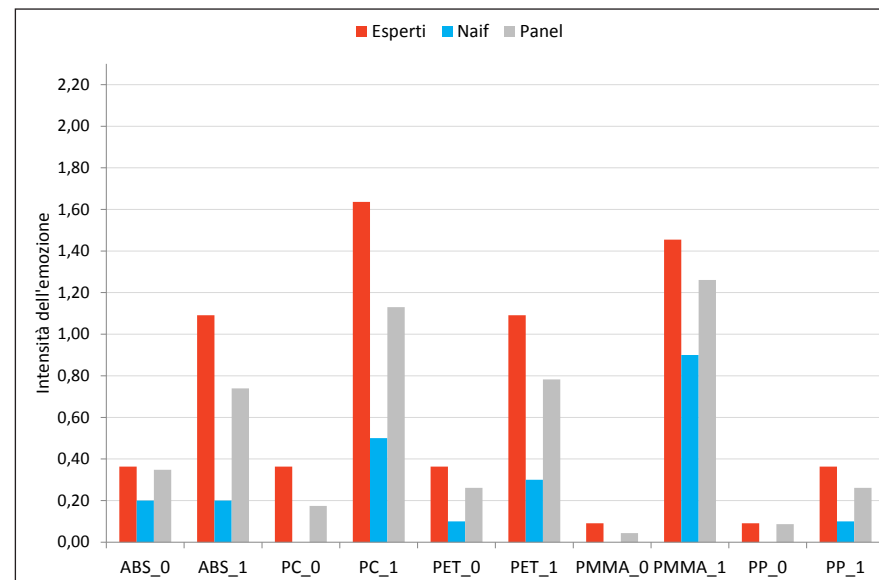


Grafico 22. Valutazione dell'emozione *paura* per singolo panel (valori medi di percezione).

Paura	Esperti	Naif	Panel
ABS_0	0,36	0,20	0,35
ABS_1	1,09	0,20	0,74
PC_0	0,36	0,00	0,17
PC_1	1,64	0,50	1,13
PET_0	0,36	0,10	0,26
PET_1	1,09	0,30	0,78
PMMA_0	0,09	0,00	0,04
PMMA_1	1,45	0,90	1,26
PP_0	0,09	0,00	0,09
PP_1	0,36	0,10	0,26
Valore medio	0,69	0,23	0,51
Differenza panel	0,46		

Tabella 22. Valutazione dell'emozione *paura* per singolo panel (valori medi di percezione).

Tristezza

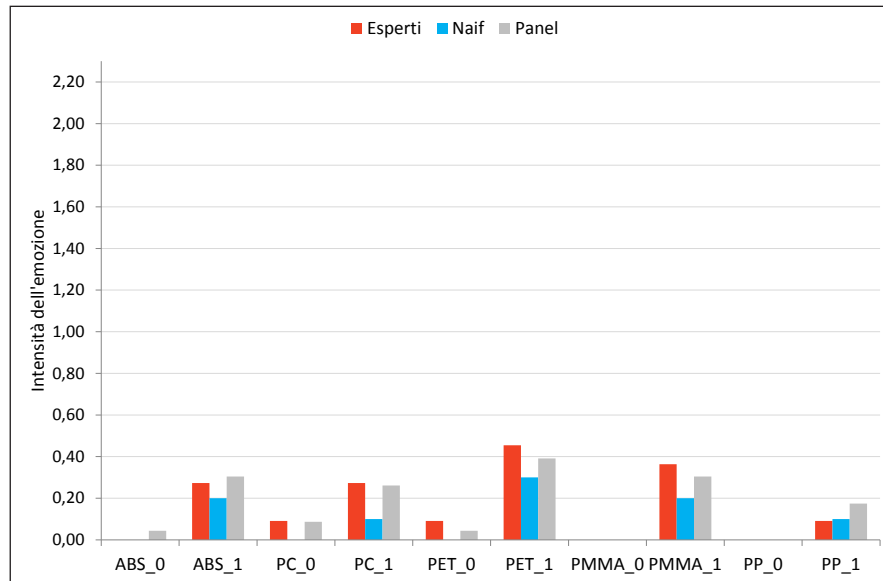


Grafico 23. Valutazione dell'emozione *tristezza* per singolo panel (valori medi di percezione).

Noia	Esperti	Naif	Panel
ABS_0	0,55	0,40	0,57
ABS_1	0,45	0,40	0,52
PC_0	1,36	0,20	0,83
PC_1	0,64	0,10	0,48
PET_0	0,91	0,10	0,61
PET_1	0,36	0,20	0,35
PMMA_0	1,09	0,20	0,74
PMMA_1	0,45	0,20	0,39
PP_0	0,45	0,10	0,30
PP_1	0,80	0,20	0,50
Valore medio	0,71	0,21	0,53
Differenza panel	0,50		

Tabella 23. Valutazione dell'emozione *tristezza* per singolo panel (valori medi di percezione).

Noia

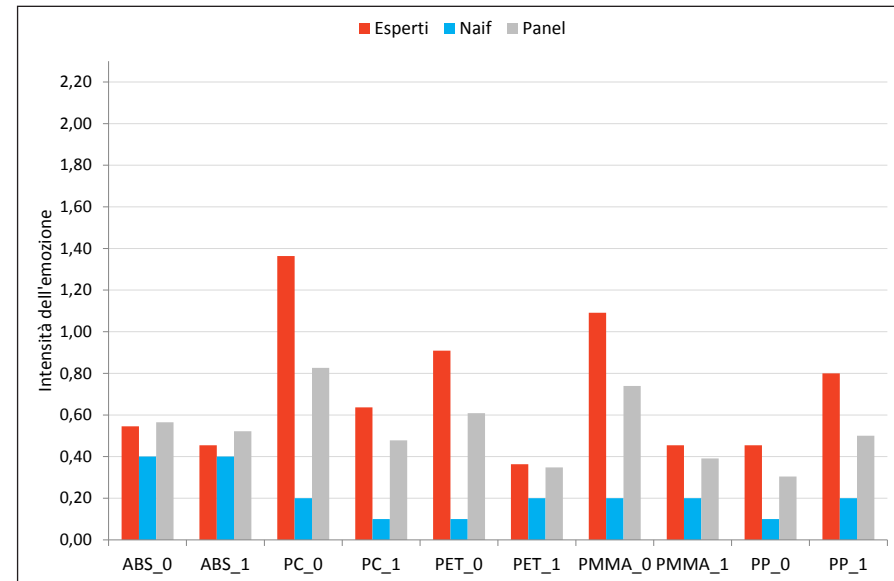


Grafico 24. Valutazione dell'emozione *noia* per singolo panel (valori medi di percezione).

Tristezza	Esperti	Naif	Panel
ABS_0	0,00	0,00	0,04
ABS_1	0,27	0,20	0,30
PC_0	0,09	0,00	0,09
PC_1	0,27	0,10	0,26
PET_0	0,09	0,00	0,04
PET_1	0,45	0,30	0,39
PMMA_0	0,00	0,00	0,00
PMMA_1	0,36	0,20	0,30
PP_0	0,00	0,00	0,00
PP_1	0,09	0,10	0,17
Valore medio	0,16	0,09	0,16
Differenza panel	0,07		

Tabella 24. Valutazione dell'emozione *noia* per singolo panel (valori medi di percezione).

2.1.3 Livello 4

In questa fase sono state analizzati i risultati relativi alle coppie di materiali al fine di valutare come la percezione emotiva possa variare tra i materiali nuovi e quelli degradati. Per fare ciò è stata valutata la differenza tra i valori medi delle emozioni provate per ogni coppia di materiali in analisi, considerando come significativa ogni variazione superiore a 0,48 punti o inferiore a -0,48 punti. La soglia di significatività è stata ottenuta calcolando il valor medio delle variazioni emozionali valutate per ciascun materiale.

Test_0	ABS	PC	PET	PMMA	PP	Media
Desiderio	0,35	0,83	0,3	0,96	0,52	0,59
Soddisfazione	0,7	0,91	0,26	1,17	0,7	0,75
Orgoglio	0,61	0,74	0,22	1	0,74	0,66
Speranza	0,35	0,48	0,09	0,39	0,26	0,31
Gioia	0,43	0,57	0,26	0,96	0,83	0,61
Fascino	0,3	0,13	0,52	0,43	0,26	0,33
Disgusto	0,74	1,13	0,78	1,61	0,26	0,9
Insoddisfazione	0,22	0,65	0,22	0,52	0,26	0,37
Vergogna	0,04	0	0,3	0,26	0,05	0,13
Paura	0,39	0,96	0,52	1,22	0,17	0,65
Tristezza	0,26	0,17	0,35	0,3	0,17	0,25
Noia	0,04	0,35	0,26	0,35	0,2	0,24
Media	0,37	0,58	0,34	0,76	0,37	0,48

Tabella 25. Variazione di percezione emozionale tra oggetto nuovo e invecchiato.

ABS

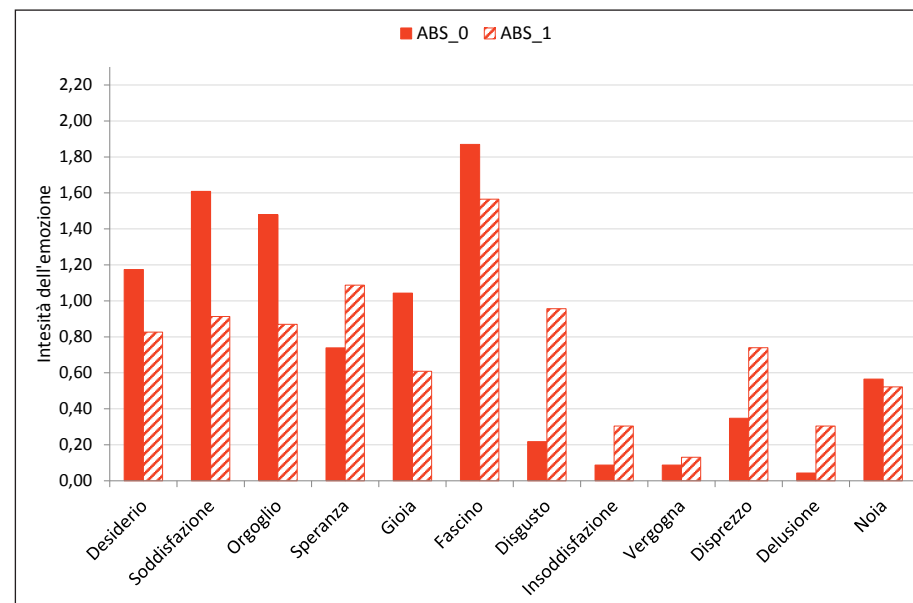


Grafico 25. Confronto tra valutazione emozionale ABS_0 e ABS_1 (valori medi di percezione).

ABS_0	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
Desiderio	1,17	1	2	0	0,98
Soddisfazione	1,61	2	3	1	1,20
Orgoglio	1,48	2	3	0	1,24
Speranza	0,74	1	1,7	0	0,86
Gioia	1,04	1	2	0	0,93
Fascino	1,87	2	3	1	1,29
Disgusto	0,22	0	0	0	0,74
Insoddisfazione	0,09	0	0	0	0,29
Vergogna	0,09	0	0	0	0,29
Disprezzo	0,35	0	1	0	0,57
Delusione	0,04	0	0	0	0,21
Noia	0,57	0	1	0	0,95

Tabella 26. Valutazione emozionale ABS_0.

ABS_1	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
Desiderio	0,83	1	1,7	0	0,94
Soddisfazione	0,91	1	2	0	1,04
Orgoglio	0,87	1	2	0	0,97
Speranza	1,09	1	2	1	0,85
Gioia	0,61	0	1,7	0	0,89
Fascino	1,57	1	3	1	0,99
Disgusto	0,96	0	2	0	1,11
Insoddisfazione	0,30	0	0,7	0	0,76
Vergogna	0,13	0	0	0	0,34
Paura	0,74	0	2	0	1,01
Tristezza	0,30	0	0,7	0	0,70
Noia	0,52	0	1,7	0	0,99

Tabella 27. Valutazione emozionale ABS_1.

PC_0	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
Desiderio	1,57	1	2,7	1	0,90
Soddisfazione	1,52	1	2,7	1	1,04
Orgoglio	1,39	1	2	1	0,99
Speranza	0,96	1	2	0	0,82
Gioia	1,22	1	2	0	0,95
Fascino	1,39	1	2	1	0,89
Disgusto	0,13	0	0	0	0,34
Insoddisfazione	0,14	0	0	0	0,35
Vergogna	0,13	0	0	0	0,46
Paura	0,17	0	0	0	0,49
Tristezza	0,09	0	0	0	0,29
Noia	0,83	0	2	0	1,03

Tabella 28. Valutazione emozionale PC_0.

PC

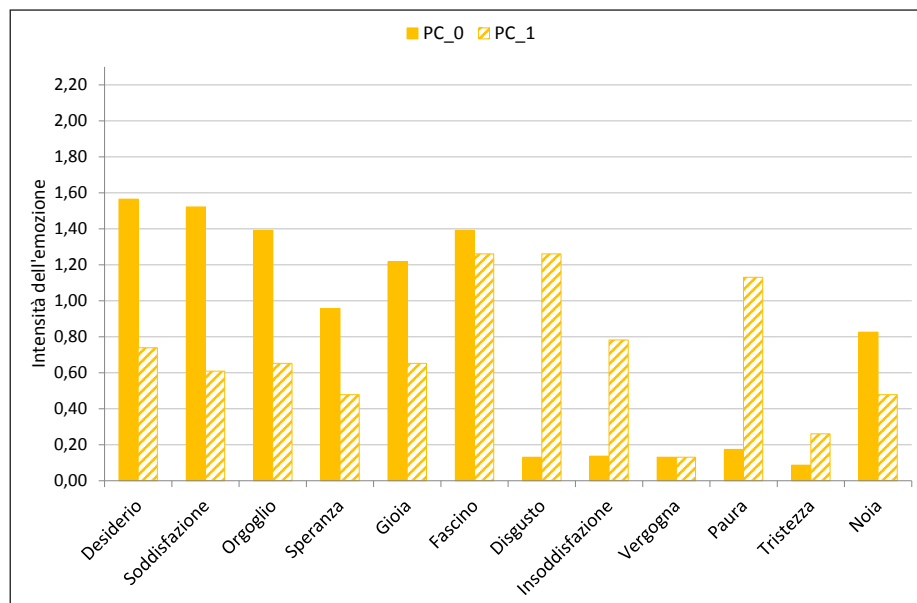


Grafico 26. Confronto tra valutazione emozionale PC_0 e PC_1 (valori medi di percezione).

PC_1	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
Desiderio	0,74	1	2	0	0,81
Soddisfazione	0,61	0	1,7	0	0,78
Orgoglio	0,65	0	1	0	0,83
Speranza	0,48	0	1	0	0,59
Gioia	0,65	0	1,7	0	0,98
Fascino	1,26	1	2,7	0,5	1,05
Disgusto	1,26	1	3	0	1,29
Insoddisfazione	0,78	0	2	0	0,90
Vergogna	0,13	0	0	0	0,34
Paura	1,13	1	2,7	0	1,25
Tristezza	0,26	0	0,7	0	0,62
Noia	0,48	0	1,7	0	0,90

Tabella 29. Valutazione emozionale PC_1.

PET

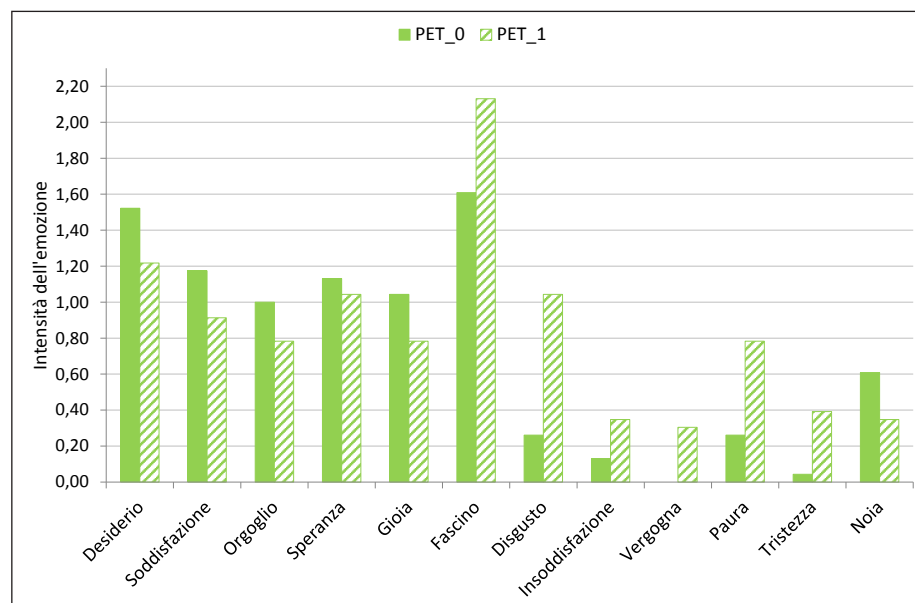


Gráfico 27. Confronto tra valutazione emozionale PET_0 e PET_1 (valori medi di percezione).

PET_0	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
Desiderio	1,52	1	3	1	1,12
Soddisfazione	1,17	1	2	0	1,07
Orgoglio	1,00	1	2	0	0,90
Speranza	1,13	1	2	0	1,06
Gioia	1,04	1	2	0	1,02
Fascino	1,61	1	3	1	1,12
Disgusto	0,26	0	0,7	0	0,62
Insoddisfazione	0,13	0	0	0	0,46
Vergogna	0,00	0	0	0	0,00
Paura	0,26	0	0,7	0	0,62
Tristezza	0,04	0	0	0	0,21
Noia	0,61	0	1	0	0,84

Tabella 30. Valutazione emozionale PET_0.

PET_1	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
Desiderio	1,22	1	2	0	1,04
Soddisfazione	0,91	1	2	0	0,85
Orgoglio	0,78	1	2	0	0,85
Speranza	1,04	1	2	0	1,11
Gioia	0,78	1	2	0	0,85
Fascino	2,13	2	4	1	1,49
Disgusto	1,04	1	2,7	0	1,19
Insoddisfazione	0,35	0	1	0	0,78
Vergogna	0,30	0	1	0	0,56
Paura	0,78	0	2	0	1,09
Tristezza	0,39	0	1	0	0,58
Noia	0,35	0	1	0	0,65

Tabella 31. Valutazione emozionale PET_0.

PMMA

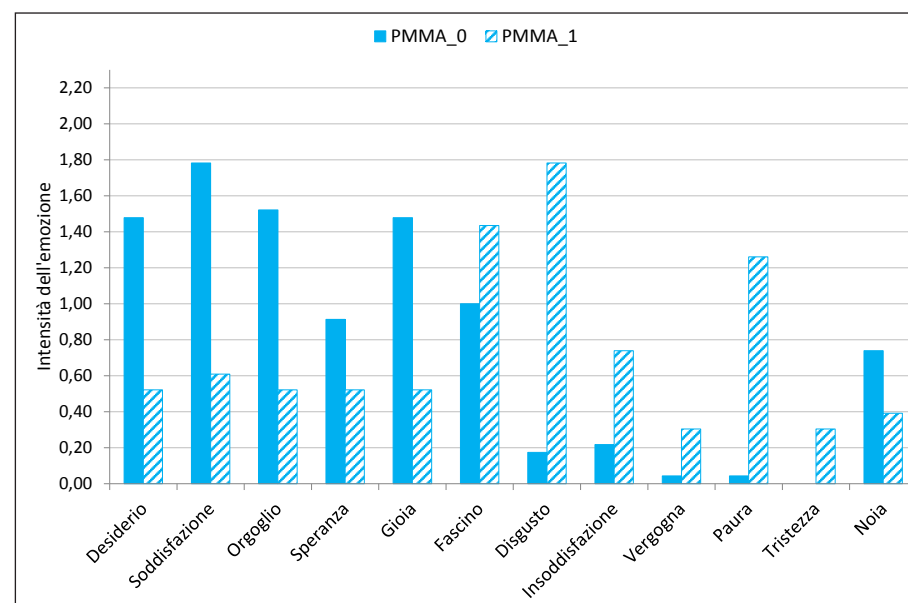


Grafico 28. Confronto tra valutazione emozionale PMMA_0 e PMMA_1 (valori medi di percezione).

PMMA_0	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
Desiderio	1,48	1	3	1	1,08
Soddisfazione	1,78	2	3	0,5	1,38
Orgoglio	1,52	2	3	1	1,08
Speranza	0,91	1	2	0	0,73
Gioia	1,48	2	3	0	1,20
Fascino	1,00	1	2	0,5	0,74
Disgusto	0,17	0	0	0	0,49
Insoddisfazione	0,22	0	0,7	0	0,52
Vergogna	0,04	0	0	0	0,21
Paura	0,04	0	0	0	0,21
Tristezza	0,00	0	0	0	0,00
Noia	0,74	0	2	0	1,14

Tabella 32. Valutazione emozionale PMMA_0.

PMMA_1	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
Desiderio	0,52	0	1	0	0,67
Soddisfazione	0,61	0	2	0	0,84
Orgoglio	0,52	0	1	0	0,79
Speranza	0,52	0	1	0	0,73
Gioia	0,52	0	1	0	0,59
Fascino	1,43	1	3	1	1,08
Disgusto	1,78	2	3	0	1,54
Insoddisfazione	0,74	0	2	0	1,05
Vergogna	0,30	0	1	0	0,70
Paura	1,26	1	3	0	1,48
Tristezza	0,30	0	1	0	0,56
Noia	0,39	0	1	0	0,58

Tabella 33. Valutazione emozionale PMMA_1.

PP

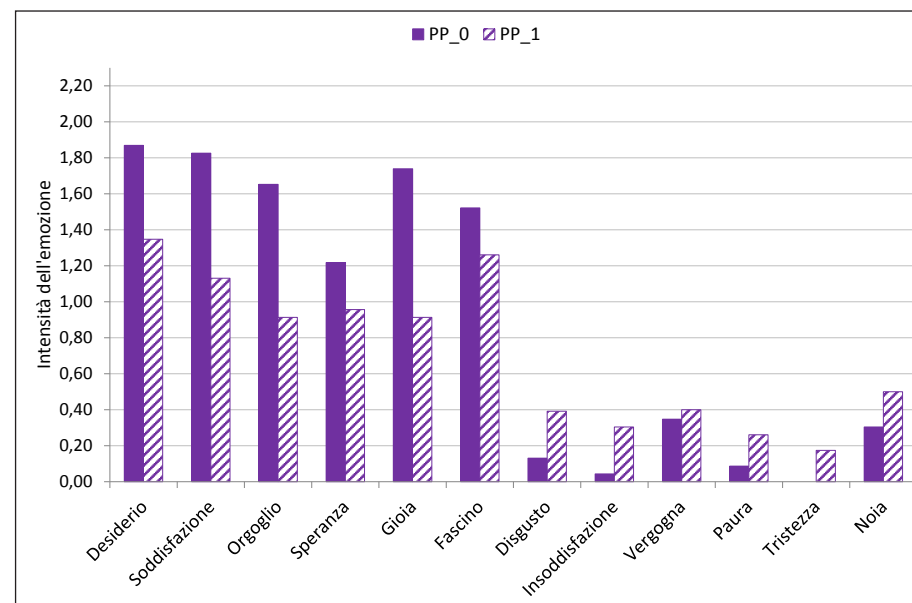


Grafico 29. Confronto tra valutazione emozionale PP_0 e PP_1 (valori medi di percezione).

PP_0	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
Desiderio	1,87	2	3	1	1,36
Soddisfazione	1,83	2	3	1	1,15
Orgoglio	1,65	2	2,7	1	1,03
Speranza	1,22	1	2	0	1,09
Gioia	1,74	1	3	0,5	1,45
Fascino	1,52	2	3	1	1,08
Disgusto	0,13	0	0	0	0,34
Insoddisfazione	0,04	0	0	0	0,21
Vergogna	0,35	0	1	0	0,57
Paura	0,09	0	0	0	0,29
Tristezza	0,00	0	0	0	0,00
Noia	0,30	0	1	0	0,47

Tabella 34. Valutazione emozionale PP_0.

PP_1	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
Desiderio	1,35	1	2	0	1,30
Soddisfazione	1,13	1	3	0	1,32
Orgoglio	0,91	0	2	0	1,08
Speranza	0,96	1	2	0	1,07
Gioia	0,91	0	3	0	1,24
Fascino	1,26	1	2	1	1,01
Disgusto	0,39	0	1	0	0,58
Insoddisfazione	0,30	0	1	0	0,56
Vergogna	0,40	0	1	0	0,65
Paura	0,26	0	1	0	0,45
Tristezza	0,17	0	0	0	0,49
Noia	0,50	0	1	0	0,74

Tabella 35. Valutazione emozionale PP_1.

2.2 VALUTAZIONE DELLA PERCEZIONE SENSORIALE DEI MATERIALI

Scopo di questa fase è stato quello di valutare come la percezione sensoriale possa variare tra i materiali nuovi e quelli degradati. Per fare ciò è stata valutata la differenza tra i valori medi delle percezioni sensoriali provate per ogni coppia di materiali in analisi, considerando come significativa ogni variazione percettiva superiore a 0,44 punti o inferiore a -0,44 punti. La soglia di significatività pari a 0,44 punti è equivalente alla media delle variazioni percettive calcolate per ciascun materiale.

Test_0	ABS	PC	PET	PMMA	PP	MEDIA
Freddo-caldo	0,22	0,22	0,04	0,09	0,26	0,17
Duro-morbido	0,17	0,17	0,26	0,17	0,04	0,17
Liscio-rugoso	0,56	1,39	1,09	1,35	0,14	0,91
Leggero-pesante	0,17	0,13	0	0,26	0	0,11
Rigido-flessibile	0,26	0,09	0,26	0,26	0,13	0,2
Non elastico-elastico	0,22	0,04	0,13	0,09	0,09	0,11
Resistente-fragile	0,09	0,17	0,17	0,04	0,16	0,13
Opaco-trasparente	0,05	1,13	0,52	1,17	0,05	0,58
Satinato- lucido	0,52	1,29	1,32	1,57	0,2	0,98
Riflettente-non riflettente	0,41	0,74	0,68	0,5	0,3	0,53
Sbiadito-saturo	1,57	1,41	1,77	1,13	1,31	1,44
Suono piacevole-suono sgradevole	0,17	0,04	0,04	0	0,22	0,1
Inodore-odoroso	0,64	0,41	0,32	0,05	0,05	0,29
Media	0,39	0,56	0,51	0,51	0,23	0,44

Tabella 36. Variazione di percezione emozionale tra oggetto nuovo e invecchiato.

ABS

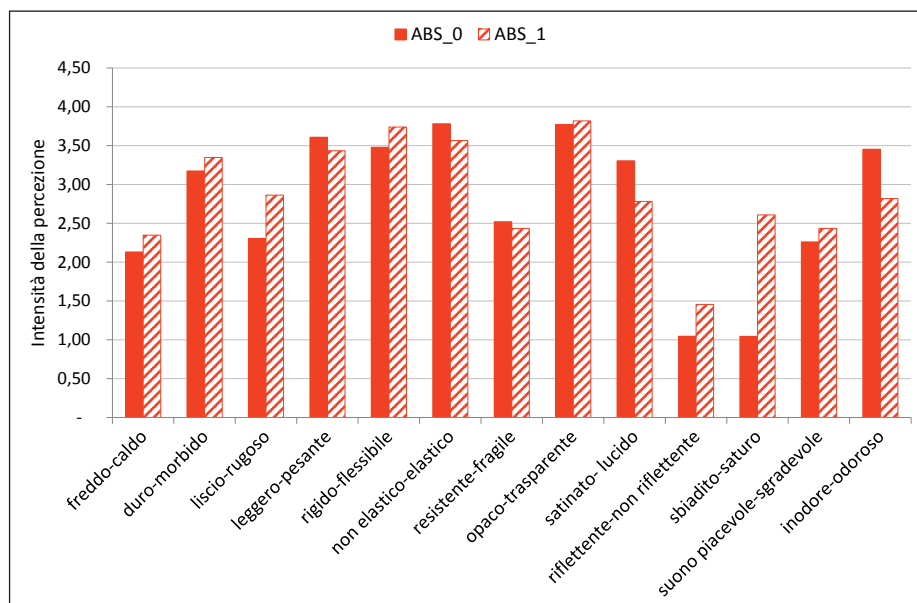


Grafico 30. Confronto tra valutazione sensoriale ABS_0 e ABS_1 (valori medi di percezione).

ABS_0	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
freddo-caldo	2,13	3	3	1	1,14
duro-morbido	3,17	4	4	3	1,07
liscio-rugoso	2,30	2	3	1	1,06
leggero-pesante	3,61	4	4	3,5	0,78
rigido-flessibile	3,48	4	4	3	0,67
non elastico-elastico	3,78	4	4	4	0,52
resistente-fragile	2,52	3	4	1,5	1,12
opaco-trasparente	3,77	4	4	4	0,53
satinato- lucido	3,30	4	4	3	0,82
riflettente-non riflettente	1,05	0,5	3	0	1,25
sbiadito-saturo	1,04	1	2	0	0,93
suono piacevole-sgradevole	2,26	2	4	1,5	1,32
inodore-odoroso	3,45	4	4	3	0,80

Tabella 37. Valutazione sensoriale ABS_0.

ABS_1	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
freddo-caldo	2,35	3	3	2	0,98
duro-morbido	3,35	4	4	3	0,83
liscio-rugoso	2,86	3	3	3	0,71
leggero-pesante	3,43	4	4	3	0,73
rigido-flessibile	3,74	4	4	4	0,54
non elastico-elastico	3,57	4	4	3	0,73
resistente-fragile	2,43	3	3	1,5	1,04
opaco-trasparente	3,82	4	4	4	0,39
satinato- lucido	2,78	3	4	2	1,13
riflettente-non riflettente	1,45	1	3	0	1,50
sbiadito-saturo	2,61	3	4	2	1,12
suono piacevole-sgradevole	2,43	2	3	2	0,84
inodore-odoroso	2,82	3	4	2	1,05

Tabella 38. Valutazione sensoriale ABS_1.

PC

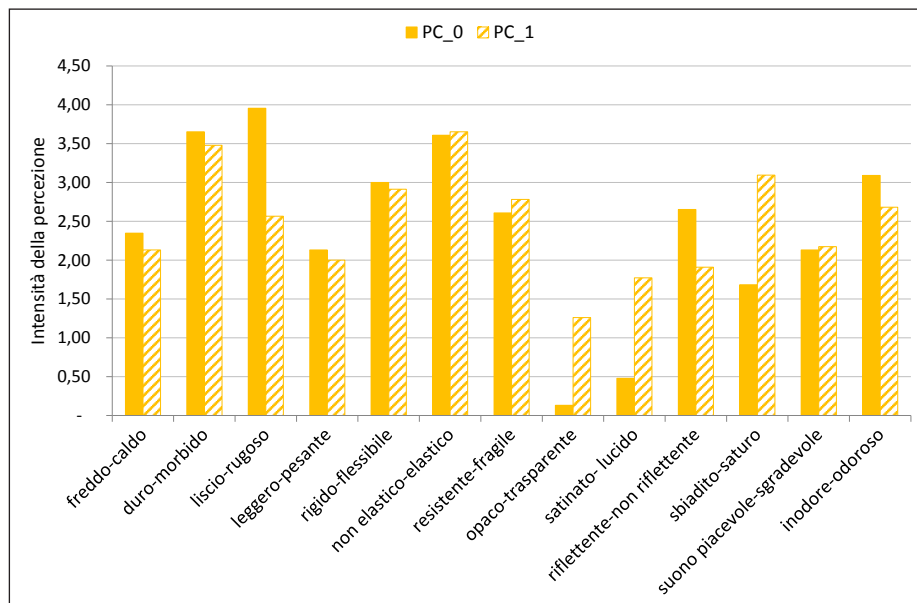


Grafico 31. Confronto tra valutazione sensoriale PC_0 e PC_1 (valori medi di percezione).

PC_0	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
freddo-caldo	2,35	2	3	2	0,57
duro-morbido	3,65	4	4	3	0,49
liscio-rugoso	3,96	4	4	4	0,21
leggero-pesante	2,13	2	3,7	1	1,10
rigido-flessibile	3,00	3	4	2	1,00
non elastico-elastico	3,61	4	4	3	0,66
resistente-fragile	2,61	3	3	2	0,78
opaco-trasparente	0,13	0	0	0	0,34
satinato- lucido	0,48	0	1	0	0,73
riflettente-non riflettente	2,65	3	4	2	1,19
sbiadito-saturo	1,68	2	2	2	0,82
suono piacevole-sgradevole	2,13	2	3	2	0,81
inodore-odoroso	3,09	4	4	2	1,11

Tabella 39. Valutazione sensoriale PC_0.

PC_1	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
freddo-caldo	2,13	2	3	2	0,87
duro-morbido	3,48	3	4	3	0,51
liscio-rugoso	2,57	3	3,7	2	1,04
leggero-pesante	2,00	2	3	1	1,09
rigido-flessibile	2,91	3	4	2,5	1,00
non elastico-elastico	3,65	4	4	3	0,57
resistente-fragile	2,78	3	3	2,5	0,80
opaco-trasparente	1,26	1	3	0	1,14
satinato- lucido	1,77	2	3	1	0,92
riflettente-non riflettente	1,91	2	3	1	1,11
sbiadito-saturo	3,10	3	4	3	0,70
suono piacevole-sgradevole	2,17	2	3	2	0,94
inodore-odoroso	2,68	2,5	4	2	1,25

Tabella 40. Valutazione sensoriale PC_1.

PET

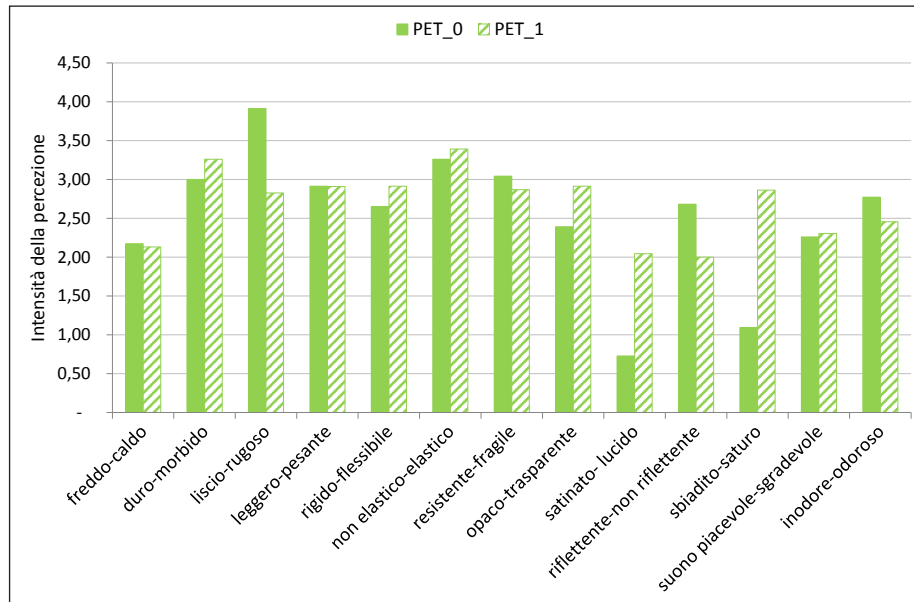


Grafico 32. Confronto tra valutazione sensoriale PET_0 e PET_1 (valori medi di percezione).

PET_0	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
freddo-caldo	2,17	2	3	2	0,83
duro-morbido	3,00	3	4	3	1,04
liscio-rugoso	3,91	4	4	4	0,29
leggero-pesante	2,91	3	4	2	0,95
rigido-flessibile	2,65	3	4	1,5	1,19
non elastico-elastico	3,26	3	4	3	0,81
resistente-fragile	3,04	3	4	3	0,64
opaco-trasparente	2,39	2	3,7	2	1,03
satinato- lucido	0,73	1	1	0	0,83
riflettente-non riflettente	2,68	3	4	2	1,43
sbiadito-saturo	1,10	1	2	1	0,77
suono piacevole-sgradevole	2,26	2	3	2	0,86
inodore-odoroso	2,77	2	4	2	1,11

Tabella 41. Valutazione sensoriale PET_0.

PET_1	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
freddo-caldo	2,13	2	3	2	0,76
duro-morbido	3,26	4	4	3	1,01
liscio-rugoso	2,83	3	4	2	1,03
leggero-pesante	2,91	3	4	2	0,87
rigido-flessibile	2,91	3	4	2	1,04
non elastico-elastico	3,39	4	4	3	0,94
resistente-fragile	2,87	3	3,7	2,5	0,76
opaco-trasparente	2,91	3	4	2	1,00
satinato- lucido	2,04	2	3	2	0,82
riflettente-non riflettente	2,00	2	3	1	1,02
sbiadito-saturo	2,86	3	4	2,25	0,89
suono piacevole-sgradevole	2,30	2	3	2	0,82
inodore-odoroso	2,45	2	4	2	1,18

Tabella 42. Valutazione sensoriale PET_1.

PMMA

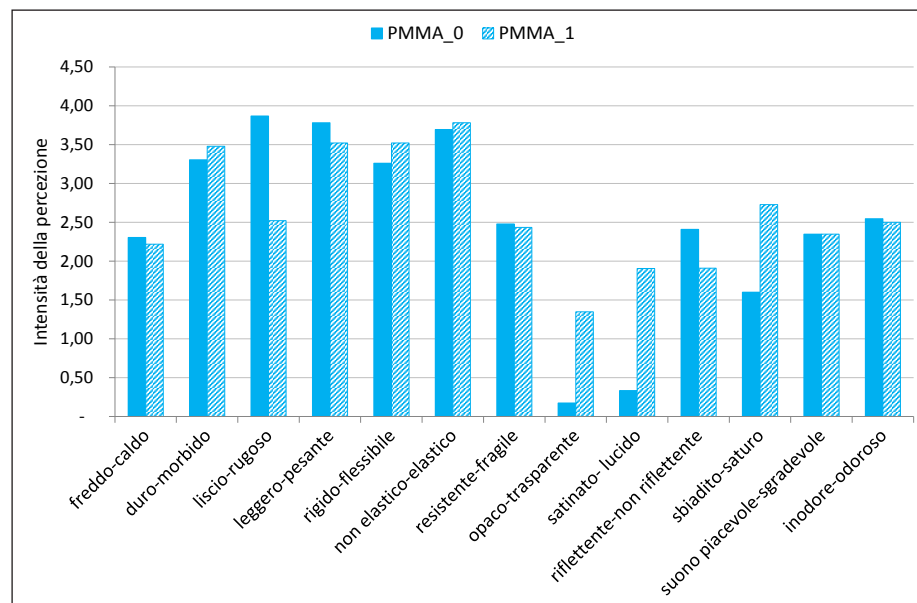


Grafico 33. Confronto tra valutazione sensoriale PMMA_0 e PMMA_1 (valori medi di percezione).

PMMA_0	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
freddo-caldo	2,30	2	3	2	0,56
duro-morbido	3,30	3	4	3	0,63
liscio-rugoso	3,87	4	4	4	0,34
leggero-pesante	3,78	4	4	4	0,52
rigido-flessibile	3,26	3	4	3	0,69
non elastico-elastico	3,70	4	4	3	0,47
resistente-fragile	2,48	3	3	2	0,79
opaco-trasparente	0,17	0	0	0	0,83
satinato- lucido	0,33	0	1	0	0,80
riflettente-non riflettente	2,41	3	4	1	1,33
sbiadito-saturo	1,60	2	2	1	0,99
suono piacevole-sgradevole	2,35	2	3,7	2	1,07
inodore-odoroso	2,55	2	4	2	1,01

Tabella 43. Valutazione sensoriale PMMA_0.

PMMA_1	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
freddo-caldo	2,22	2	3	2	0,74
duro-morbido	3,48	4	4	3	0,59
liscio-rugoso	2,52	3	3	2	0,95
leggero-pesante	3,52	4	4	3	0,85
rigido-flessibile	3,52	4	4	3	0,67
non elastico-elastico	3,78	4	4	4	0,42
resistente-fragile	2,43	3	3	2	0,90
opaco-trasparente	1,35	1	3	1	1,07
satinato- lucido	1,90	2	3	1	0,83
riflettente-non riflettente	1,91	2	3	1	1,11
sbiadito-saturo	2,73	3	3,85	2	0,83
suono piacevole-sgradevole	2,35	2	3,7	2	1,11
inodore-odoroso	2,50	2	4	2	1,01

Tabella 44. Valutazione sensoriale PMMA_1.

PP

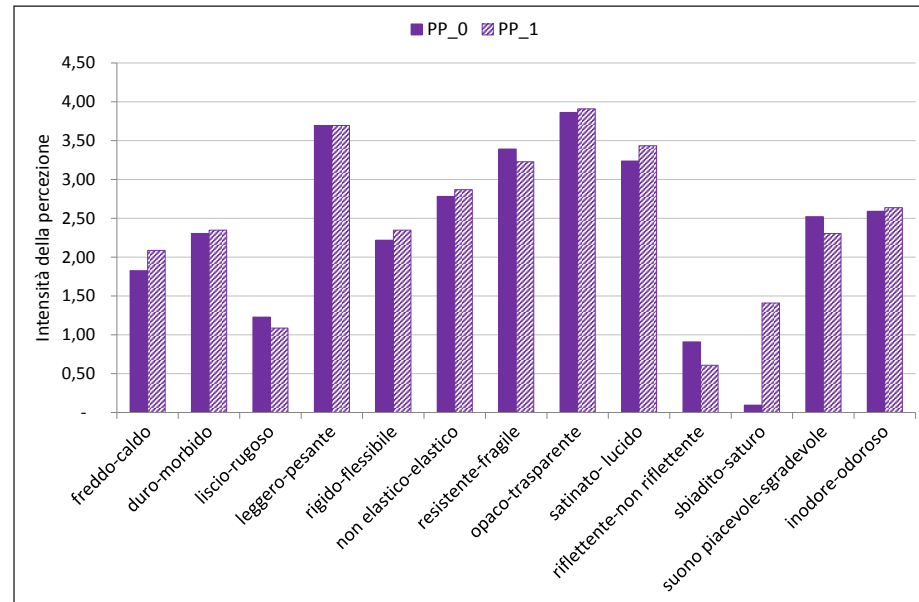


Grafico 34. Confronto tra valutazione sensoriale PP_0 e PP_1 (valori medi di percezione).

PP_0	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
freddo-caldo	1,83	2	3	1	0,83
duro-morbido	2,30	2	4	1	1,18
liscio-rugoso	1,23	1	2	1	0,81
leggero-pesante	3,70	4	4	3	0,47
rigido-flessibile	2,22	2	3,7	1	1,17
non elastico-elastico	2,78	2	4	2	1,24
resistente-fragile	3,39	3	4	3	0,50
opaco-trasparente	3,86	4	4	4	0,64
satinato-lucido	3,24	4	4	3	1,18
riflettente-non riflettente	0,91	0	2	0	1,19
sbiadito-saturo	0,10	0	0	0	0,30
suono piacevole-sgradevole	2,52	2	3	2	0,73
inodore-odoroso	2,59	2	4	2	1,26

Tabella 45. Valutazione sensoriale PP_0.

PP_1	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
freddo-caldo	2,09	2	3	1,5	0,79
duro-morbido	2,35	2	3,7	1	1,11
liscio-rugoso	1,09	1	1,7	1	0,85
leggero-pesante	3,70	4	4	4	0,63
rigido-flessibile	2,35	3	3,7	1	1,23
non elastico-elastico	2,87	3	4	2	1,18
resistente-fragile	3,23	3	4	3	0,43
opaco-trasparente	3,91	4	4	4	0,43
satinato-lucido	3,43	4	4	3	0,73
riflettente-non riflettente	0,61	0	1,7	0	0,78
sbiadito-saturo	1,41	1	3	0,25	1,26
suono piacevole-sgradevole	2,30	2	3	2	0,82
inodore-odoroso	2,64	2	4	2	1,22

Tabella 46. Valutazione sensoriale PP_1.

2.3 CORRELAZIONI TRA VARIAZIONI PERCETTIVE ED EMOZIONALI

Desiderio

Il parametro principalmente responsabile di una diminuzione di *desiderio* è la perdita di saturazione cromatica del materiale. A tale variazione possono essere correlate variazioni di *riflettività*, *lucentezza*, *trasparenza* e *rugosità* del manufatto. Minore importanza viene attribuita alla variazione olfattiva.

Soddisfazione

Il parametro principalmente responsabile di una diminuzione di *soddisfazione* è la perdita di saturazione cromatica del materiale. A tale variazione possono essere correlate variazioni di *lucentezza* e *rugosità* del manufatto. Minore importanza viene attribuita alla variazione di *trasparenza*, *riflettanza* e *profumazione*.

Orgoglio

Il parametro principalmente responsabile di una diminuzione di *orgoglio* è la perdita di saturazione cromatica del materiale. A tale variazione possono essere correlate variazioni di *lucentezza* e *rugosità* del manufatto. Minore importanza viene attribuita alla variazione di *trasparenza*, *riflettanza* e *profumazione*.

Speranza

Alla variazione dell'emozione *speranza* non corrisponde un netto trend di variazione dei parametri sensoriali, essa viene infatti correlata a variazioni di *saturazione*, *riflettanza*, *lucentezza*, *trasparenza* e *rugosità*. L'aspetto olfattivo non è stato invece correlato alla variazione percettiva di tale emozione.

Gioia

Il parametro principalmente responsabile di una diminuzione di *gioia* è la perdita di saturazione cromatica del materiale. A tale variazione possono essere correlate variazioni di *riflettanza*, *lucentezza*, *trasparenza* e *rugosità*. L'aspetto olfattivo non è stato invece correlato alla variazione percettiva di tale emozione.

Fascino

Alla variazione dell'emozione *fascino* non corrisponde un netto trend di variazione dei parametri sensoriali, essa viene infatti correlata a variazioni di *saturazione*, *riflettanza*, *lucentezza*, *trasparenza* e *rugosità*. L'aspetto olfattivo non è stato invece correlato alla variazione percettiva di tale emozione.

Disgusto

I parametri principalmente responsabili di un aumento di *disgusto* sono: la perdita di saturazione cromatica, la variazione di *lucentezza* e *rugosità* del materiale. A tale variazione possono essere correlate variazioni di *riflettanza* e *trasparenza*. Minore importanza viene attribuita alla variazione di profumazione.

Insoddisfazione

Alla variazione dell'emozione *insoddisfazione* non corrisponde un netto trend di variazione dei parametri sensoriali, essa viene infatti correlata a variazioni di *saturazione*, *riflettanza*, *lucentezza*, *trasparenza* e *rugosità*. L'aspetto olfattivo non è stato invece correlato alla variazione percettiva di tale emozione.

Paura

Alla variazione dell'emozione *paura* non corrisponde un netto trend di variazione dei parametri sensoriali, essa viene infatti correlata a variazioni di *saturazione*, *riflettanza*, *lucentezza*, *trasparenza* e *rugosità*. L'aspetto olfattivo non è stato invece correlato alla variazione percettiva di tale emozione.

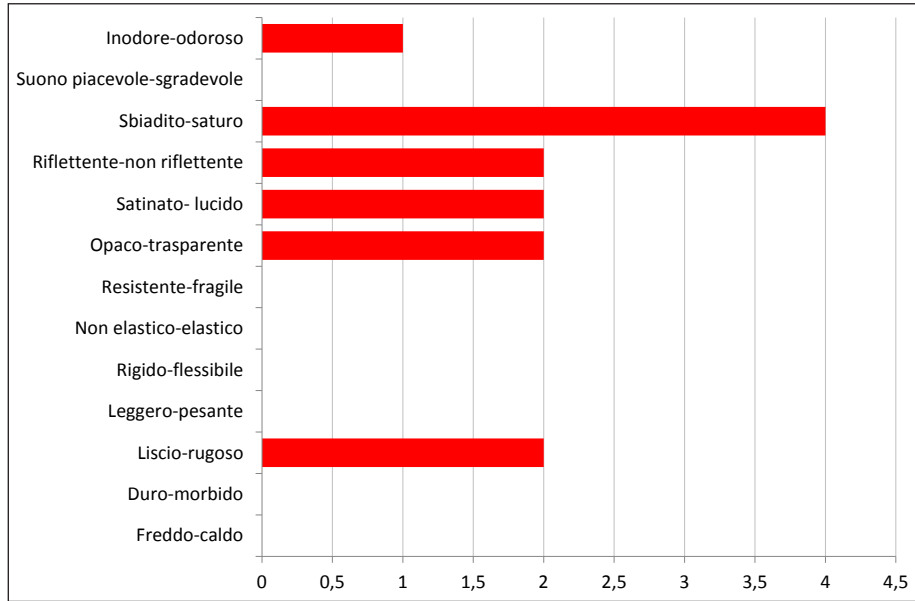


Grafico 35. Correlazione tra variazione di *desiderio* e parametri sensoriali.

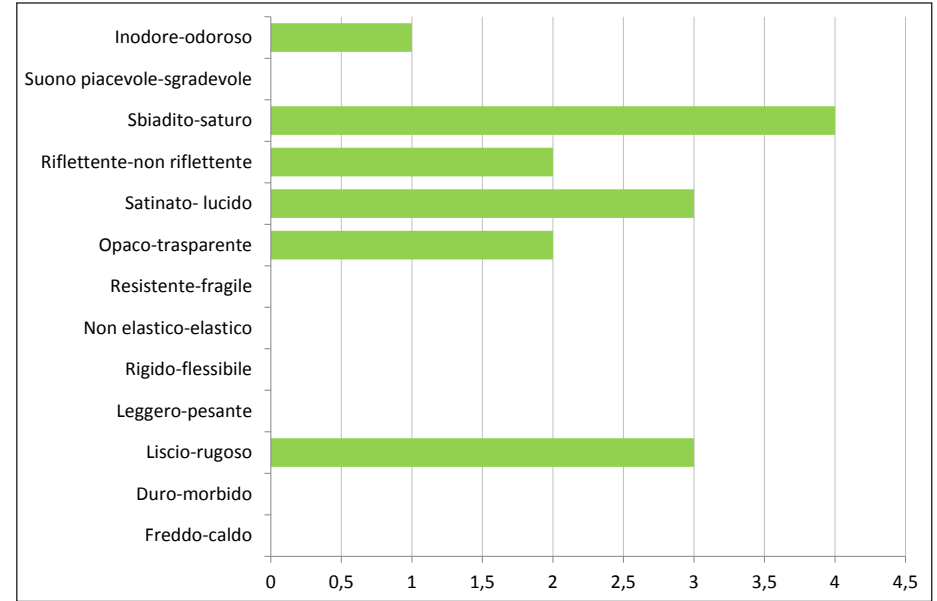


Grafico 37. Correlazione tra variazione di *orgoglio* e parametri sensoriali.

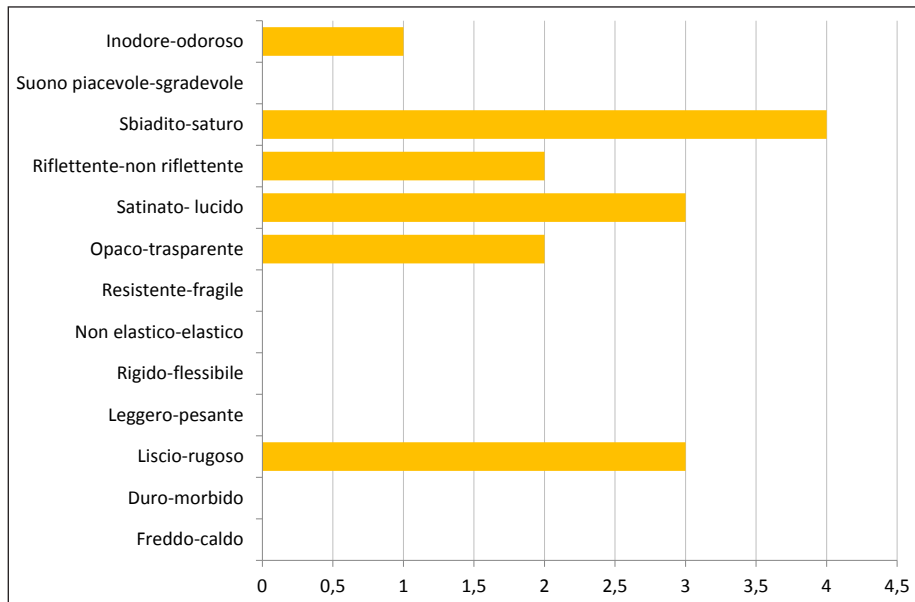


Grafico 36. Correlazione tra variazione di *soddisfazione* e parametri sensoriali.

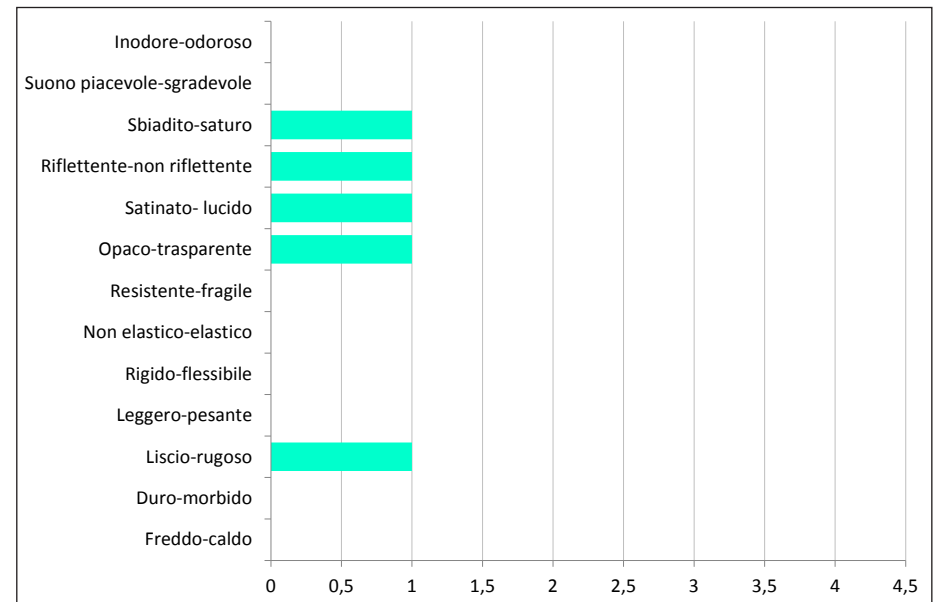


Grafico 38. Correlazione tra variazione di *speranza* e parametri sensoriali.

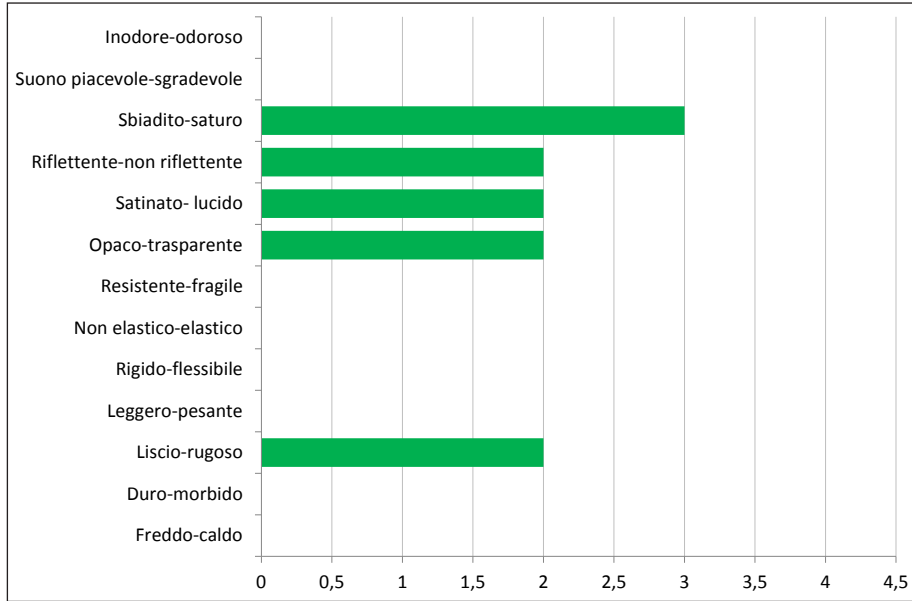


Grafico 39. Correlazione tra variazione di *gioia* e parametri sensoriali.

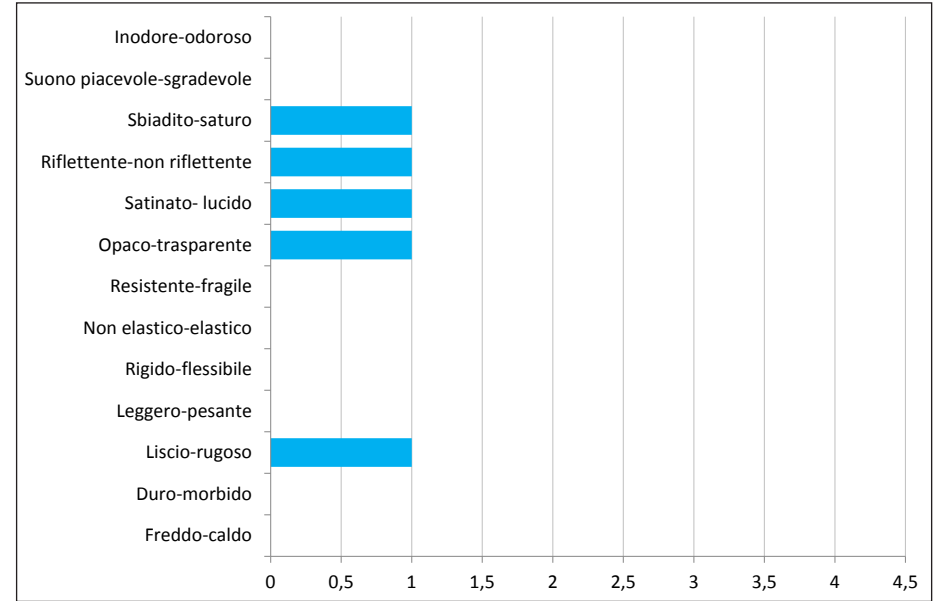


Grafico 41. Correlazione tra variazione di *fascino* e parametri sensoriali.

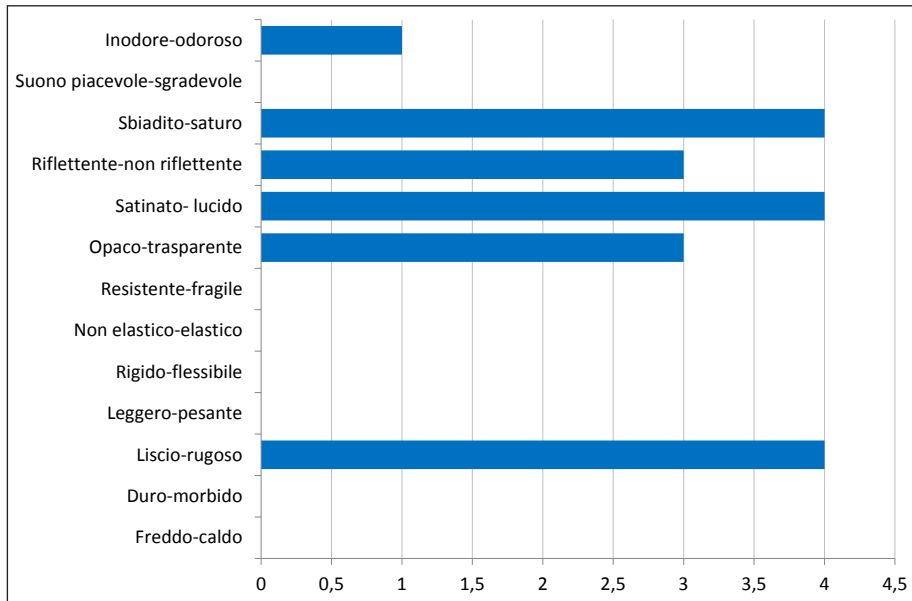


Grafico 40. Correlazione tra variazione di *disgusto* e parametri sensoriali.

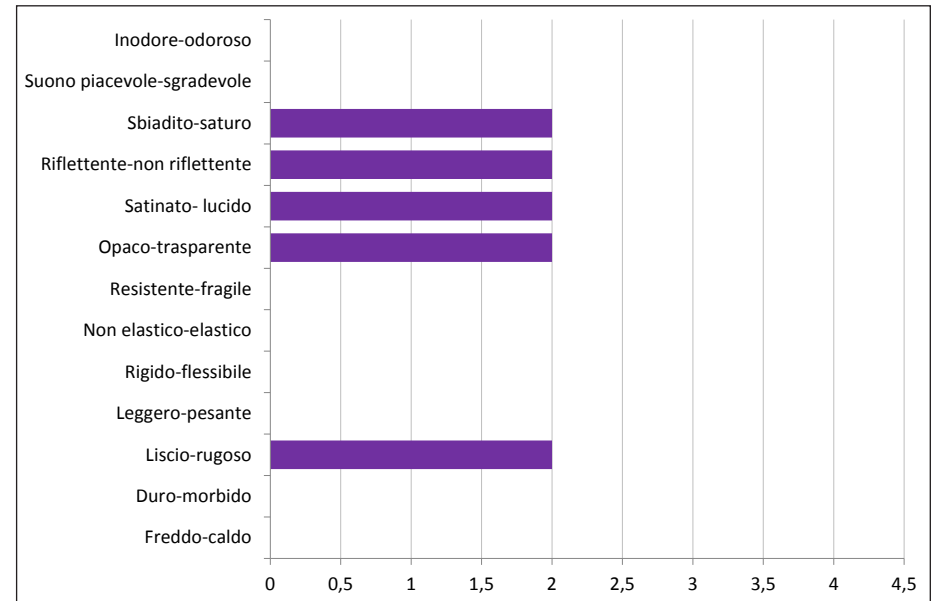


Grafico 42. Correlazione tra variazione di *insoddisfazione* e parametri sensoriali.

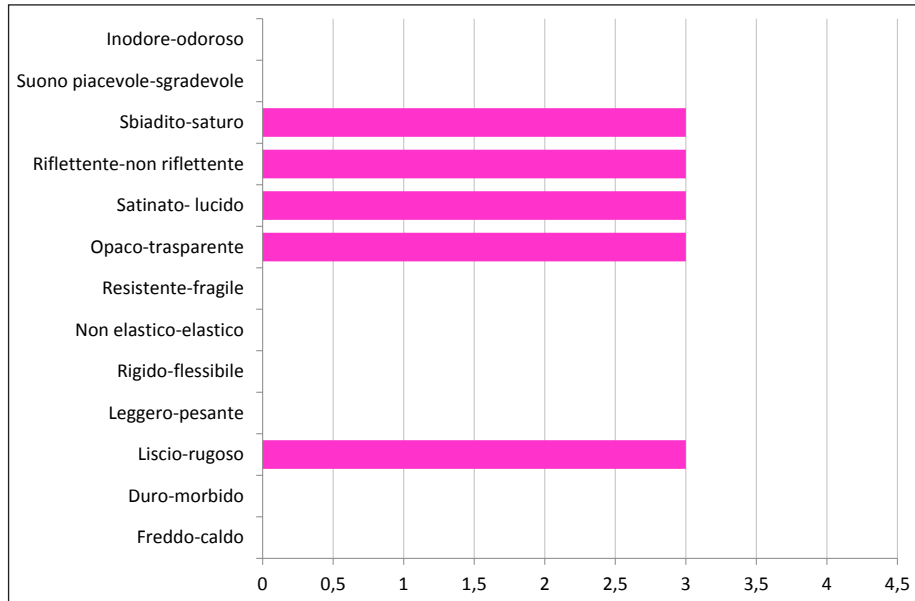


Grafico 43. Correlazione tra variazione di *paura* e parametri sensoriali.

3. Analisi dati test_1

3.1 VALUTAZIONE DELLA PERCEZIONE EMOZIONALE DEI MATERIALI

3.1.1 Livello 1

E' stata analizzata singolarmente ogni emozione, al fine di stabilire a quali materiale potessero essere collegati i valori emozionali massimi e minimi e quali fossero le emozioni maggiormente significative.

3.1.1.1 Emozioni positive

Desiderio

Ad eccezione del PP tutti i campioni nuovi ottengono una valutazione dell'emozione *desiderio* maggiore dei loro corrispettivi invecchiati. Il materiale maggiormente desiderabile risulta il PET_0 mentre quello meno desiderabile è il PP_0, caratterizzato da una colorazione giallastra.

Soddisfazione

Dai dati raccolti emerge che tutti gli oggetti nuovi vengono considerati più soddisfacenti rispetto ai campioni invecchiati. Il materiale che ottiene la valutazione maggiore è il PET_0 mentre quello che ottiene la valutazione peggiore è il PP_1.

Orgoglio

Dai dati raccolti emerge che tutti i campioni nuovi ottengono una valutazione maggiore rispetto ai campioni invecchiati. Il materiale che ottiene la valutazione maggiore è il PET_0 mentre quello che ottiene la valutazione peggiore è il PMMA_1.

Speranza

Per ABS, PC e PET gli oggetti invecchiati ottengono valutazioni inferiori rispetto ai corrispettivi nuovi. Per PMMA e PP si verifica invece la situazione opposta, questo perché nel PMMA non sono particolarmente visibili segni di invecchiamento mentre il campione in PP nuovo presenta una colorazione giallastra, che sembrerebbe causata da degrado fotocromatico. Il materiale che ha ottenuto la valutazione maggiore è il PET_0 mentre quella minore è stata assegnata al PP_0.

Gioia

Ad eccezione del PP tutti i campioni nuovi ottengono una valutazione dell'emozione *gioia* maggiore dei loro corrispettivi invecchiati. Il materiale che ottiene la valutazione maggiore è il PP_1 mentre quello che ottiene la valutazione peggiore è il PMMA_1.

Fascino

Tutti gli oggetti invecchiati ottengono una valutazione dell'emozione fascino maggiore dei loro corrispettivi invecchiati. L'invecchiamento del materiale diventa quindi una opportunità per trasformare oggetti seriali in oggetti unici e affascinanti.

Desiderio

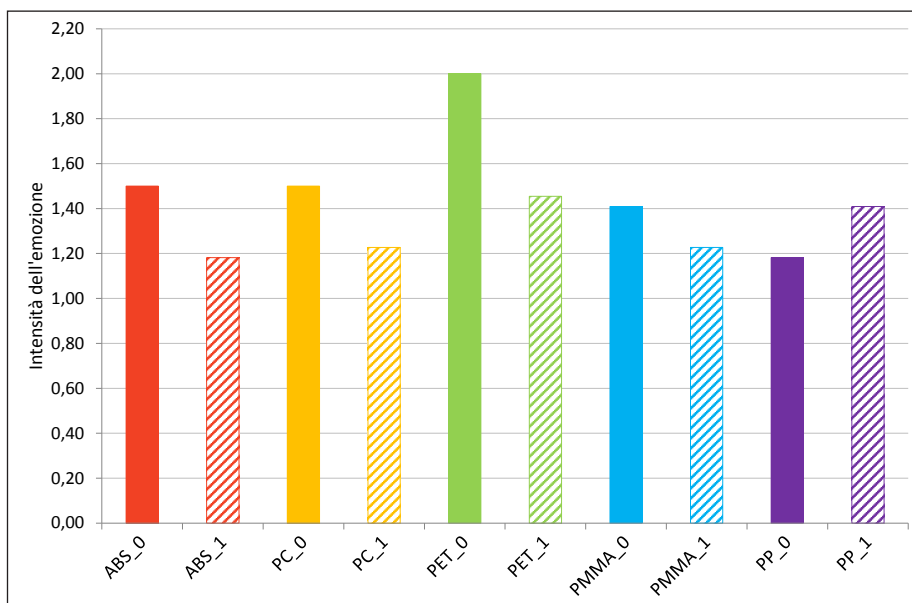


Grafico 44. Valutazione dell'emozione *desiderio* per singolo materiale (valori medi di percezione).

Desiderio	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
ABS_0	1,50	2	3	0,25	1,14
ABS_1	1,18	1	2	0	0,96
PC_0	1,50	1	3	1	1,22
PC_1	1,23	1	2	1	0,92
PET_0	2,00	2	3	1	1,27
PET_1	1,45	1	2,85	0,25	1,26
PMMA_0	1,41	1,5	2	1	1,01
PMMA_1	1,23	1	2	0	1,07
PP_0	1,18	1	3	0	1,26
PP_1	1,41	2	3	0	1,22
Valore medio	1,41				

Tabella 47. Valutazione dell'emozione *desiderio* per singolo materiale.

Soddisfazione

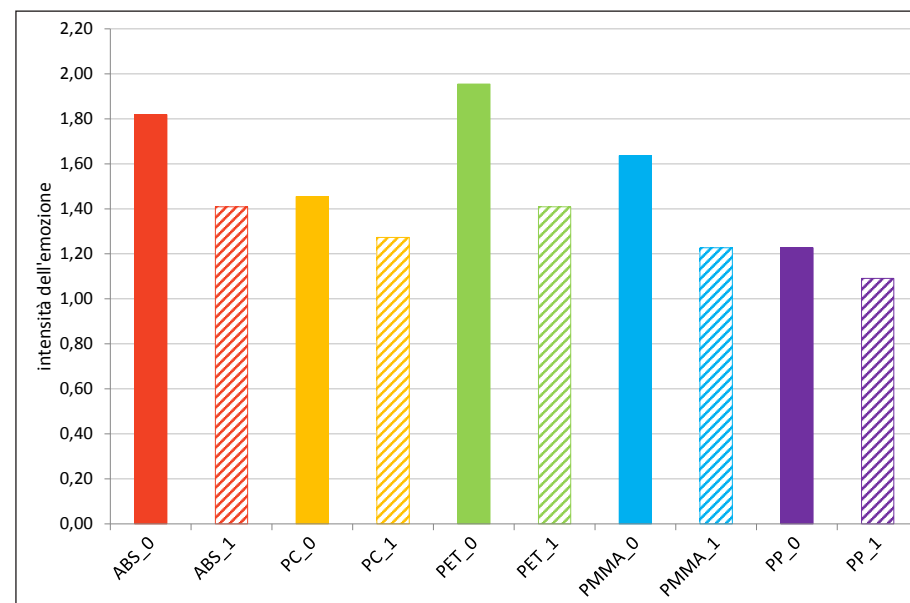


Grafico 45. Valutazione dell'emozione *soddisfazione* per singolo materiale (valori medi di percezione).

Soddisfazione	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
ABS_0	1,82	2	3	1	1,01
ABS_1	1,41	1	2,85	1	1,01
PC_0	1,45	2	3	0	1,18
PC_1	1,27	1	2,85	0	1,16
PET_0	1,95	2	3	1	1,33
PET_1	1,41	1	2,85	0,25	1,26
PMMA_0	1,64	2	3	1	1,18
PMMA_1	1,23	1	2,85	0,25	1,07
PP_0	1,23	1	3	0	1,31
PP_1	1,09	1	2	0	1,11
Valore medio	1,45				

Tabella 48. Valutazione dell'emozione *soddisfazione* per singolo materiale.

Orgoglio

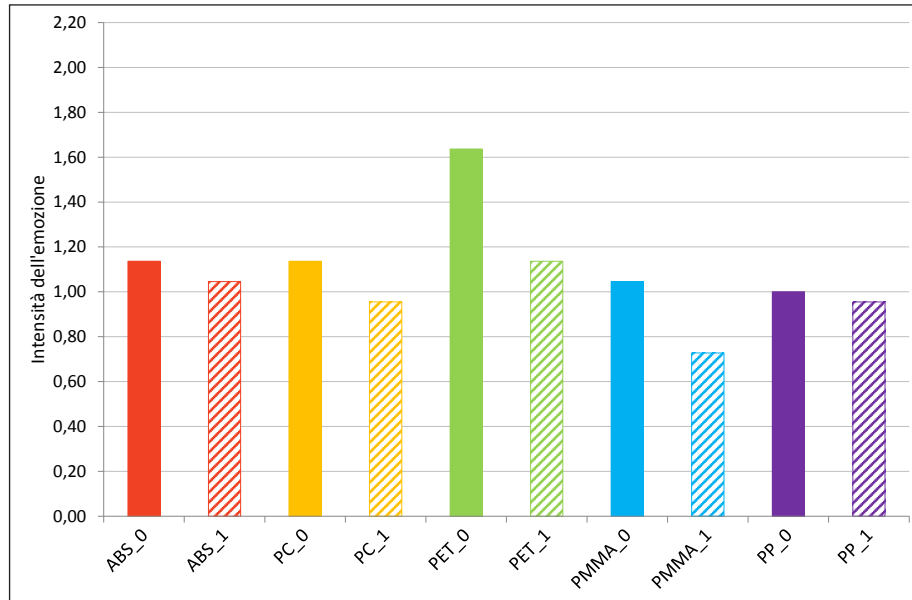


Grafico 46. Valutazione dell'emozione *orgoglio* per singolo materiale (valori medi di percezione).

Orgoglio	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
ABS_0	1,14	1	3	0	1,17
ABS_1	1,05	1	2	0	1,09
PC_0	1,14	1	2	0	1,04
PC_1	0,95	1	2	0	1,09
PET_0	1,64	2	3	0	1,36
PET_1	1,14	1	2	0	1,13
PMMA_0	1,05	1	2	0	0,95
PMMA_1	0,73	0,5	2	0	0,83
PP_0	1,00	0	2	0	1,20
PP_1	0,95	0	2,85	0	1,21
Valore medio	1,08				

Tabella 49. Valutazione dell'emozione *orgoglio* per singolo materiale.

Speranza

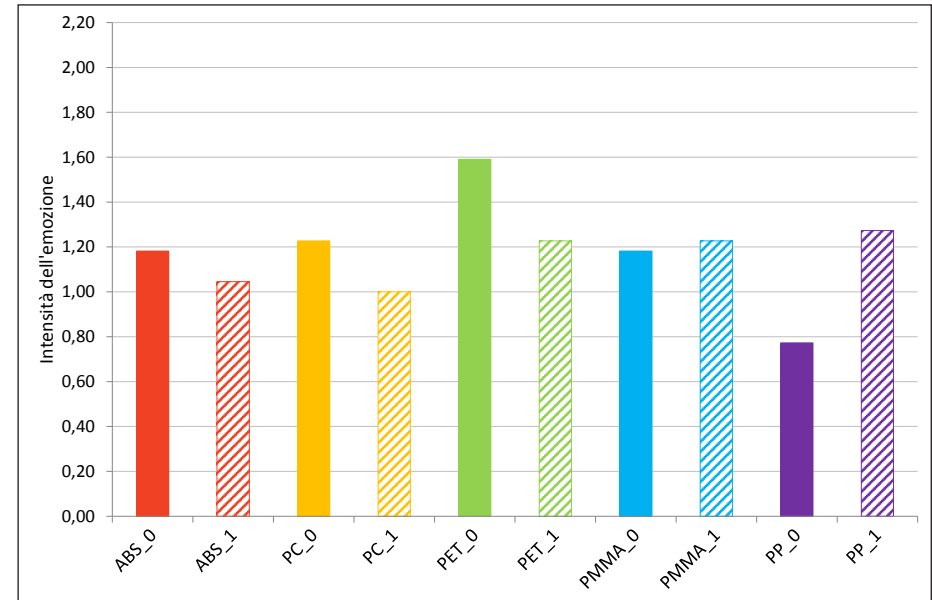


Grafico 47. Valutazione dell'emozione *speranza* per singolo materiale (valori medi di percezione).

Speranza	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
ABS_0	1,18	1	2	0	1,10
ABS_1	1,05	1	2	0	0,90
PC_0	1,23	1	2	1	0,87
PC_1	1,00	1	2	0	0,93
PET_0	1,59	2	3	1	1,10
PET_1	1,23	1	2,85	0	1,15
PMMA_0	1,18	1	2,85	0	1,18
PMMA_1	1,23	1	2	0	1,07
PP_0	0,77	1	2	0	0,81
PP_1	1,27	1	2	1	0,98
Valore medio	1,17				

Tabella 50. Valutazione dell'emozione *speranza* per singolo materiale.

Gioia

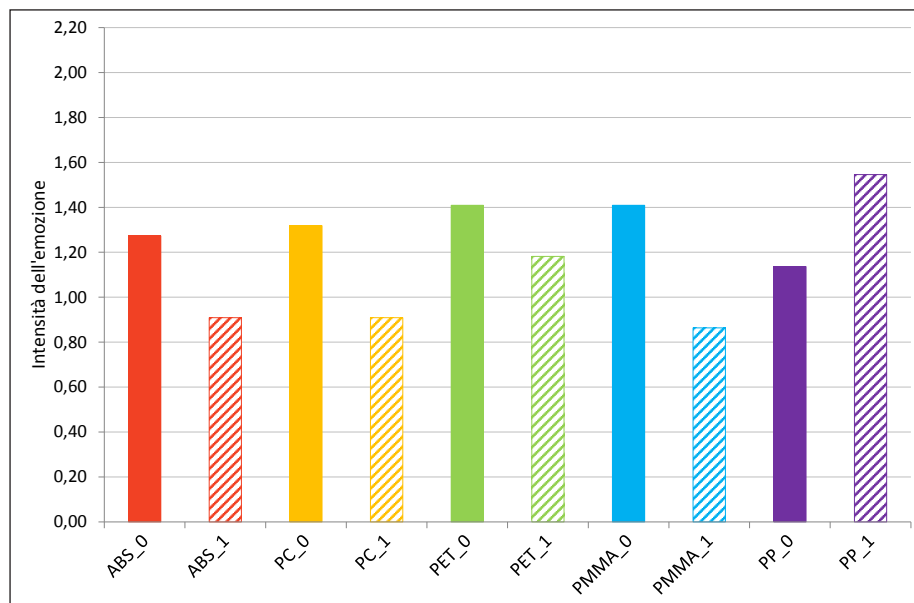


Grafico 48. Valutazione dell'emozione *gioia* per singolo materiale (valori medi di percezione).

Fascino

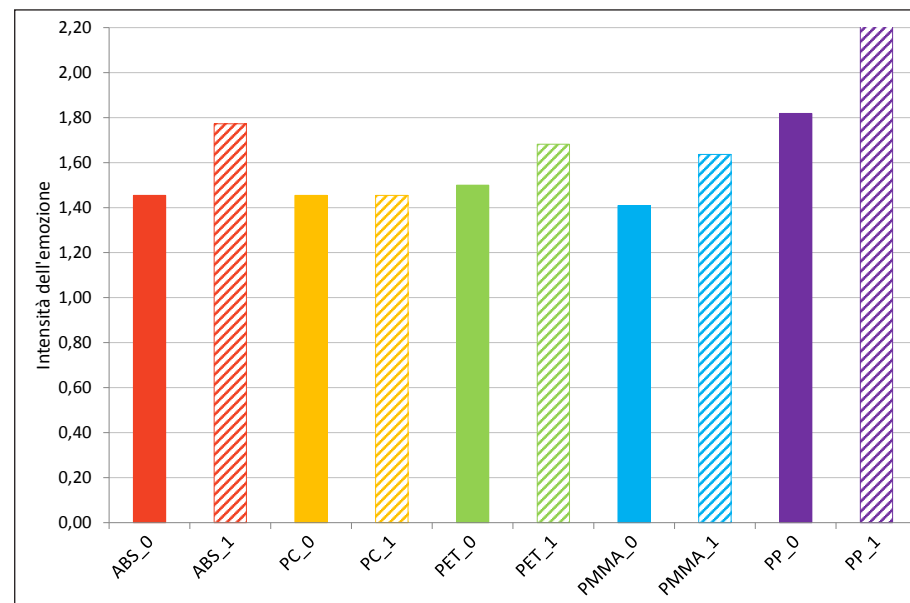


Grafico 49. Valutazione dell'emozione *fascino* per singolo materiale (valori medi di percezione).

Gioia	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
ABS_0	1,27	1	2,85	1	1,12
ABS_1	0,91	1	2	0	1,02
PC_0	1,32	1	2,85	0	1,13
PC_1	0,91	1	2	0	1,02
PET_0	1,41	1	3	0	1,40
PET_1	1,18	1	2,85	0	1,30
PMMA_0	1,41	1	3	0	1,37
PMMA_1	0,86	0,5	2	0	1,04
PP_0	1,14	1	2,85	0	1,17
PP_1	1,55	1,5	3	0	1,37
Valore medio	1,20				

Tabella 51. Valutazione dell'emozione *gioia* per singolo materiale.

Fascino	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
ABS_0	1,45	1	2,85	1	1,01
ABS_1	1,77	2	3	1	1,19
PC_0	1,45	1	3	1	1,06
PC_1	1,45	2	2,85	0,25	1,10
PET_0	1,50	1,5	3	1	1,10
PET_1	1,68	2	3	1	1,09
PMMA_0	1,41	1	2,85	1	1,01
PMMA_1	1,64	1,5	3	1	1,05
PP_0	1,82	2	2,85	1,25	1,14
PP_1	2,27	3	3,85	1	1,42
Valore medio	1,65				

Tabella 52. Valutazione dell'emozione *fascino* per singolo materiale.

3.1.1.2 Emozioni negative

Disgusto

Questa emozione è stata maggiormente percepita negli oggetti invecchiati rispetto ai loro corrispettivi nuovi, ad eccezione del campione in PP. I campioni che ottengono le valutazioni maggiori sono PP_0, materiale dalla colorazione giallastra, e il PC_0, materiale trasparente ingiallito.

Insoddisfazione

Questa emozione è stata maggiormente percepita negli oggetti invecchiati rispetto ai loro corrispettivi nuovi, ad eccezione del campione in PP. I campioni che ottengono le valutazioni maggiori sono PP_0, materiale dalla colorazione giallastra, e il PC_0, materiale trasparente ingiallito.

Vergogna

Dall'analisi dei dati è emerso che il sentimento *vergogna* difficilmente può essere correlata a specifici materiali, seppur con evidenti segni di degrado. Le valutazioni dei differenti campioni si presentano molto uniformi tra loro.

Paura

La *paura* è una emozione a forte intensità, per questo è risultata difficilmente associabile a semplici campioni di materiale. Entrambi gli oggetti che presentano i valori di maggiore intensità sono caratterizzati da una colorazione giallastra.

Tristezza

La *tristezza* è una emozione a forte intensità, per questo è risultata difficilmente associabile a semplici campioni di materiale. Entrambi gli oggetti che presentano i valori di maggiore intensità sono caratterizzati da una colorazione giallastra.

Noia

Per l'emozione noia non è presente un netto trend, tutte le valutazioni infatti si concentrano tra 0,73 e 1,05 punti.

Disgusto

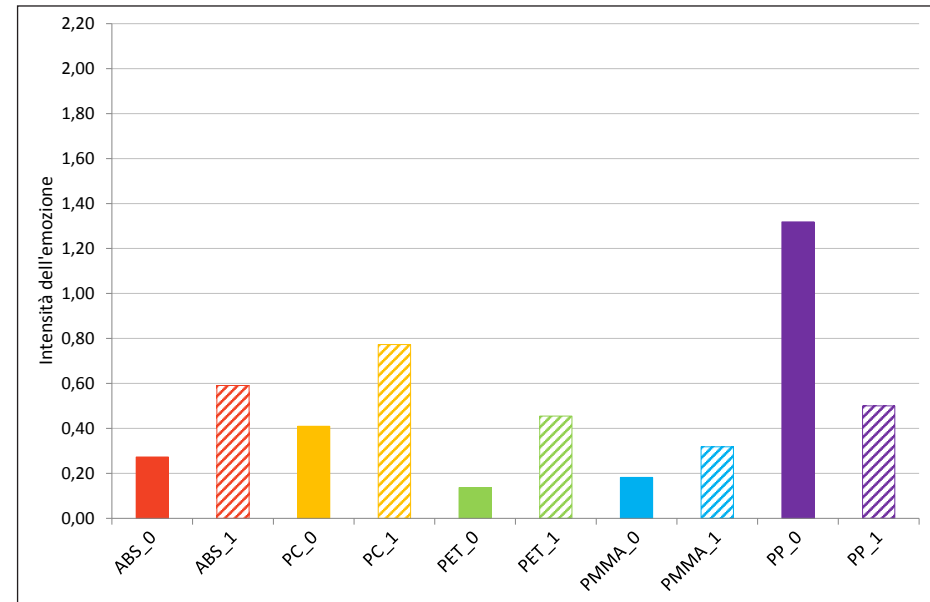


Grafico 50. Valutazione dell'emozione *disgusto* per singolo materiale (valori medi di percezione).

Disgusto	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
ABS_0	0,27	0	0,85	0	0,63
ABS_1	0,59	0	1,85	0	1,01
PC_0	0,41	0	1	0	0,67
PC_1	0,77	0	2	0	0,92
PET_0	0,14	0	0	0	0,35
PET_1	0,45	0	1	0	0,74
PMMA_0	0,18	0	0,85	0	0,39
PMMA_1	0,32	0	1	0	0,57
PP_0	1,32	1	3	0	1,36
PP_1	0,50	0	1	0	0,86
Valore medio	0,50				

Tabella 53. Valutazione dell'emozione *disgusto* per singolo materiale.

Insoddisfazione

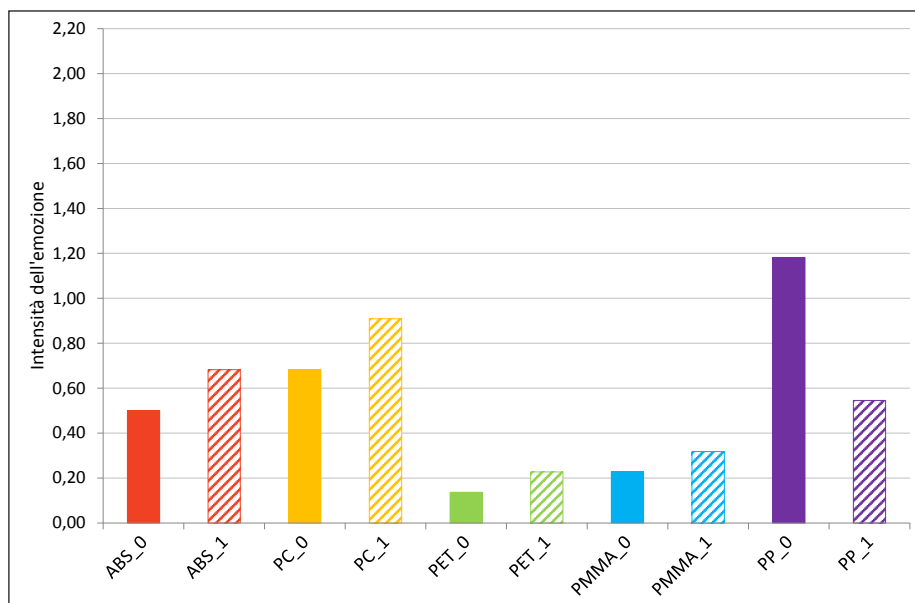


Grafico 51. Valutazione dell'emozione *insoddisfazione* per singolo materiale (valori medi di percezione).

Insoddisfazione	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
ABS_0	0,50	0	1,85	0	0,80
ABS_1	0,68	0	1,85	0	0,99
PC_0	0,68	0	1,85	0	0,89
PC_1	0,91	0,5	2	0	1,06
PET_0	0,14	0	0	0	0,35
PET_1	0,23	0	0,85	0	0,53
PMMA_0	0,23	0	0,85	0	0,53
PMMA_1	0,32	0	1	0	0,48
PP_0	1,18	1	2	0	1,10
PP_1	0,55	0	2	0	0,86
Valore medio	0,54				

Tabella 54. Valutazione dell'emozione *insoddisfazione* per singolo materiale.

Vergogna

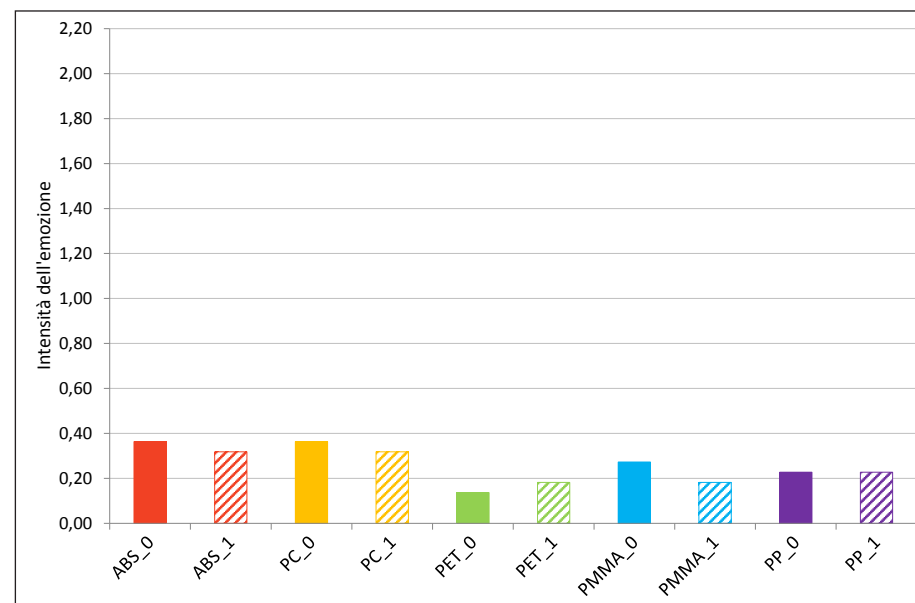


Grafico 52. Valutazione dell'emozione *vergogna* per singolo materiale (valori medi di percezione).

Vergogna	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
ABS_0	0,36	0	1	0	0,73
ABS_1	0,32	0	1	0	0,57
PC_0	0,36	0	1	0	0,66
PC_1	0,32	0	1	0	0,57
PET_0	0,14	0	0	0	0,35
PET_1	0,18	0	0	0	0,50
PMMA_0	0,27	0	0	0	0,77
PMMA_1	0,18	0	0	0	0,50
PP_0	0,23	0	0,85	0	0,53
PP_1	0,23	0	0,85	0	0,53
Valore medio	0,26				

Tabella 55. Valutazione dell'emozione *vergogna* per singolo materiale.

Paura

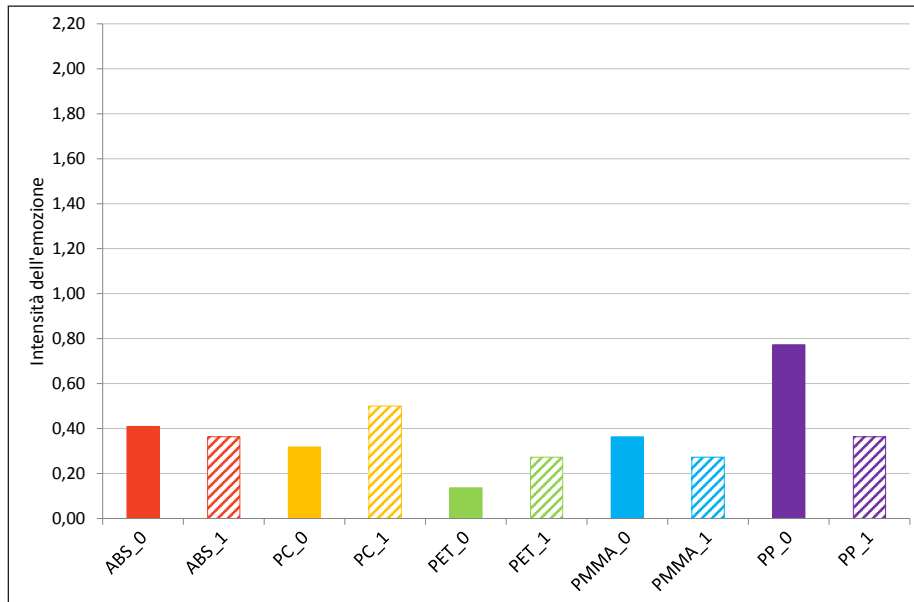


Grafico 53. Valutazione dell'emozione *paura* per singolo materiale (valori medi di percezione).

Paura	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
ABS_0	0,41	0	0,85	0	0,96
ABS_1	0,36	0	1	0	0,73
PC_0	0,32	0	1	0	0,65
PC_1	0,50	0	1	0	0,74
PET_0	0,14	0	0	0	0,35
PET_1	0,27	0	1	0	0,55
PMMA_0	0,36	0	1	0	0,66
PMMA_1	0,27	0	1	0	0,55
PP_0	0,77	0	2	0	0,97
PP_1	0,36	0	1	0	0,66
Valore medio	0,38				

Tabella 56. Valutazione dell'emozione *paura* per singolo materiale.

Tristezza

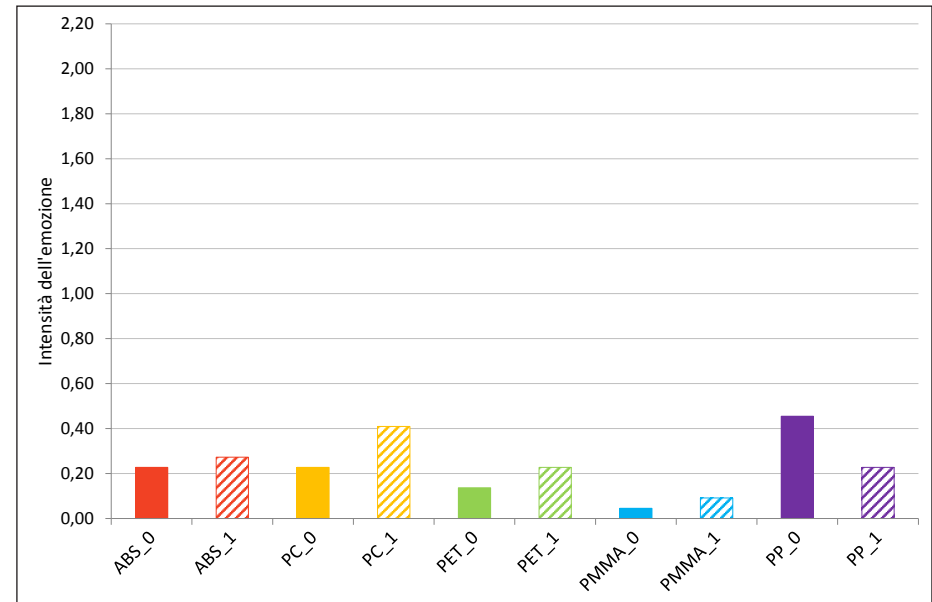


Grafico 54. Valutazione dell'emozione *tristezza* per singolo materiale (valori medi di percezione).

Tristezza	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
ABS_0	0,23	0	0	0	0,69
ABS_1	0,27	0	0	0	0,77
PC_0	0,23	0	1	0	0,43
PC_1	0,41	0	1	0	0,67
PET_0	0,14	0	0	0	0,35
PET_1	0,23	0	1	0	0,43
PMMA_0	0,05	0	0	0	0,21
PMMA_1	0,09	0	0	0	0,29
PP_0	0,45	0	1	0	0,67
PP_1	0,23	0	0,85	0	0,53
Valore medio	0,23				

Tabella 57. Valutazione dell'emozione *tristezza* per singolo materiale.

Noia

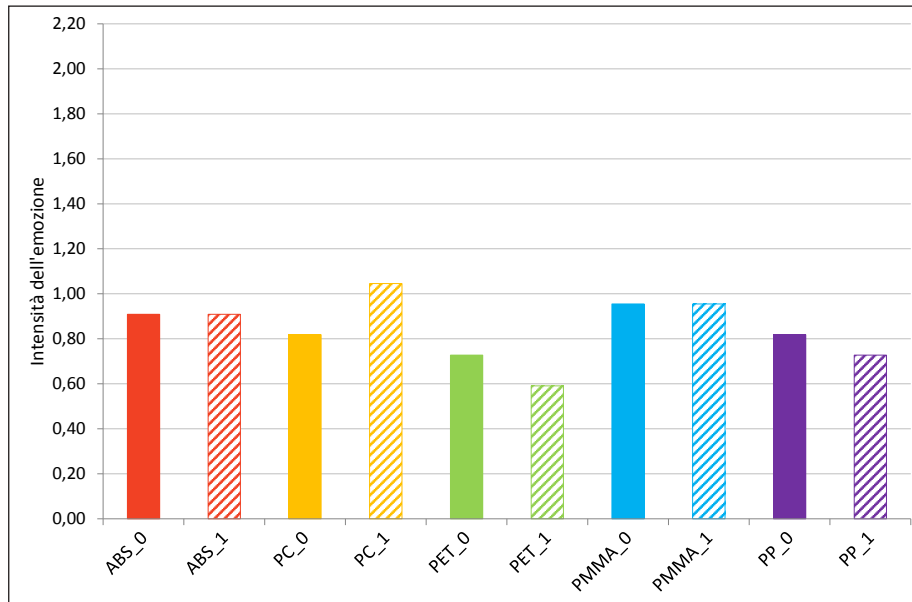


Grafico 55. Valutazione dell'emozione *noia* per singolo materiale (valori medi di percezione).

Noia	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
ABS_0	0,91	0,5	2	0	1,06
ABS_1	0,91	0	2	0	1,11
PC_0	0,82	1	2	0	0,85
PC_1	1,05	1	2	0	1,05
PET_0	0,73	0,5	2	0	0,83
PET_1	0,59	0	1,85	0	0,80
PMMA_0	0,95	1	2	0	0,95
PMMA_1	0,95	1	2	0	0,84
PP_0	0,82	1	2	0	0,85
PP_1	0,73	0,5	2	0	0,83
Valore medio	0,85				

Tabella 58. Valutazione dell'emozione *noia* per singolo materiale.

3.1.2 Livello 3

Desiderio

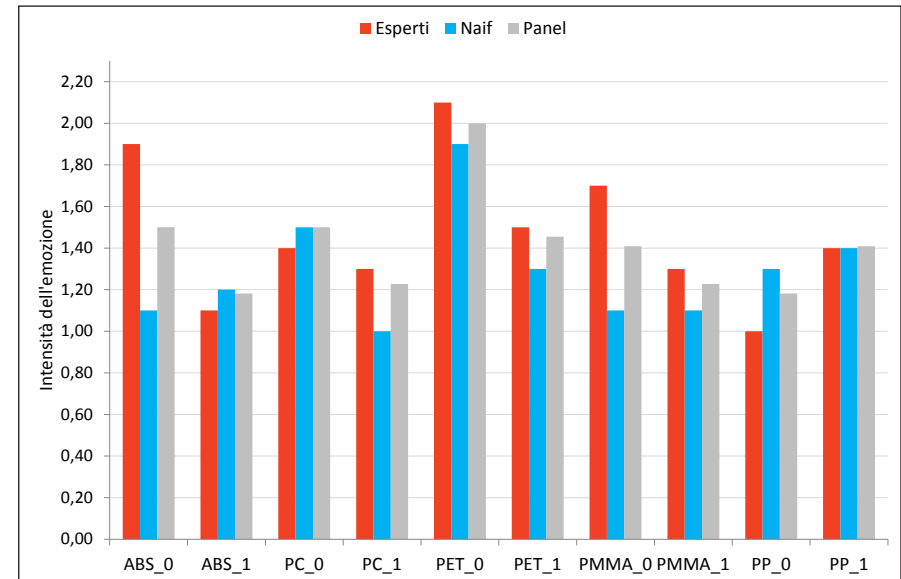


Grafico 56. Valutazione dell'emozione *desiderio* per singolo panel (valori medi di percezione).

Desiderio	Esperti	Naif	Panel
ABS_0	1,90	1,10	1,50
ABS_1	1,10	1,20	1,18
PC_0	1,40	1,50	1,50
PC_1	1,30	1,00	1,23
PET_0	2,10	1,90	2,00
PET_1	1,50	1,30	1,45
PMMA_0	1,70	1,10	1,41
PMMA_1	1,30	1,10	1,23
PP_0	1,00	1,30	1,18
PP_1	1,40	1,40	1,41
Valore medio	1,47	1,29	1,41
Differenza panel	0,18		

Tabella 59. Valutazione dell'emozione *desiderio* per singolo panel (valori medi di percezione).

Soddisfazione

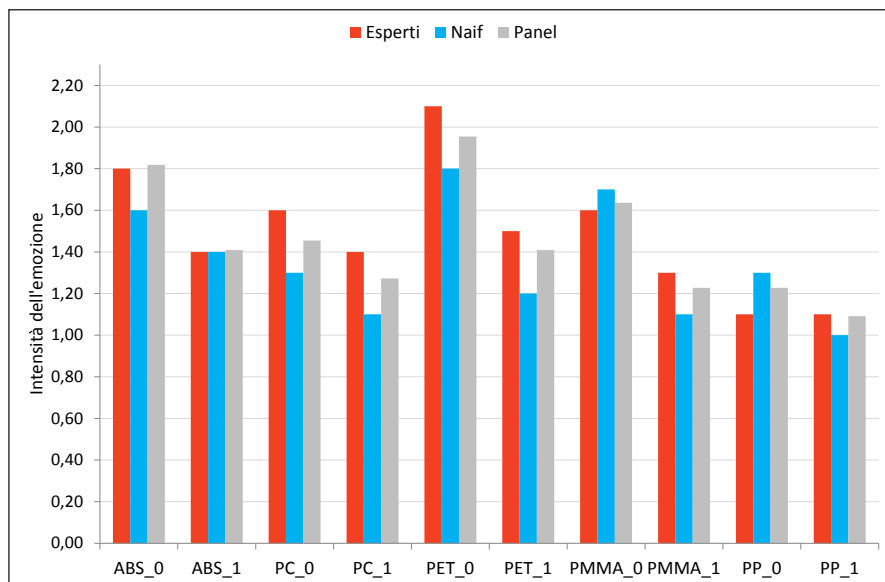


Gráfico 57. Valutazione dell'emozione *soddisfazione* per singolo panel (valori medi di percezione).

Soddisfazione	Esperti	Naif	Panel
ABS_0	1,80	1,60	1,82
ABS_1	1,40	1,40	1,41
PC_0	1,60	1,30	1,45
PC_1	1,40	1,10	1,27
PET_0	2,10	1,80	1,95
PET_1	1,50	1,20	1,41
PMMA_0	1,60	1,70	1,64
PMMA_1	1,30	1,10	1,23
PP_0	1,10	1,30	1,23
PP_1	1,10	1,00	1,09
Valore medio	1,49	1,35	1,45
Differenza panel	0,14		

Tabella 60. Valutazione dell'emozione *soddisfazione* per singolo panel (valori medi di percezione).

Orgoglio

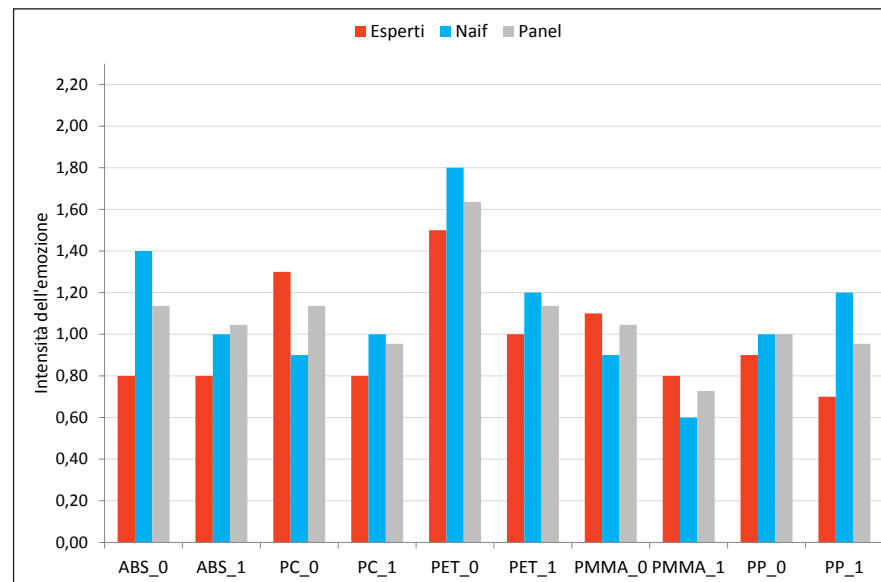


Gráfico 58. Valutazione dell'emozione *orgoglio* per singolo panel (valori medi di percezione).

Orgoglio	Esperti	Naif	Panel
ABS_0	0,80	1,40	1,14
ABS_1	0,80	1,00	1,05
PC_0	1,30	0,90	1,14
PC_1	0,80	1,00	0,95
PET_0	1,50	1,80	1,64
PET_1	1,00	1,20	1,14
PMMA_0	1,10	0,90	1,05
PMMA_1	0,80	0,60	0,73
PP_0	0,90	1,00	1,00
PP_1	0,70	1,20	0,95
Valore medio	0,97	1,10	1,08
Differenza panel	-0,13		

Tabella 61. Valutazione dell'emozione *orgoglio* per singolo panel (valori medi di percezione).

Speranza

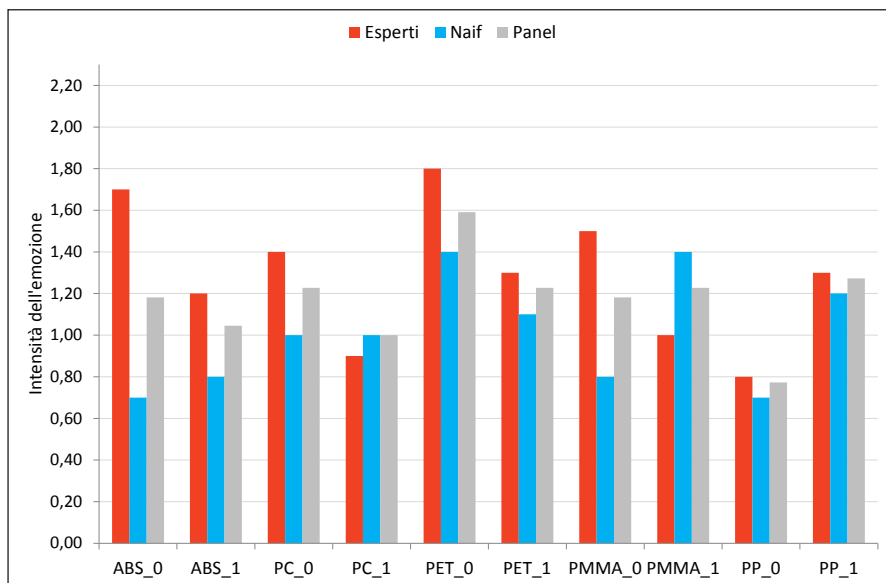


Grafico 59. Valutazione dell'emozione *speranza* per singolo panel (valori medi di percezione).

Speranza	Esperti	Naif	Panel
ABS_0	1,70	0,70	1,18
ABS_1	1,20	0,80	1,05
PC_0	1,40	1,00	1,23
PC_1	0,90	1,00	1,00
PET_0	1,80	1,40	1,59
PET_1	1,30	1,10	1,23
PMMA_0	1,50	0,80	1,18
PMMA_1	1,00	1,40	1,23
PP_0	0,80	0,70	0,77
PP_1	1,30	1,20	1,27
Valore medio	1,29	1,01	1,17
Differenza panel	0,28		

Tabella 62. Valutazione dell'emozione *speranza* per singolo panel (valori medi di percezione).

Gioia

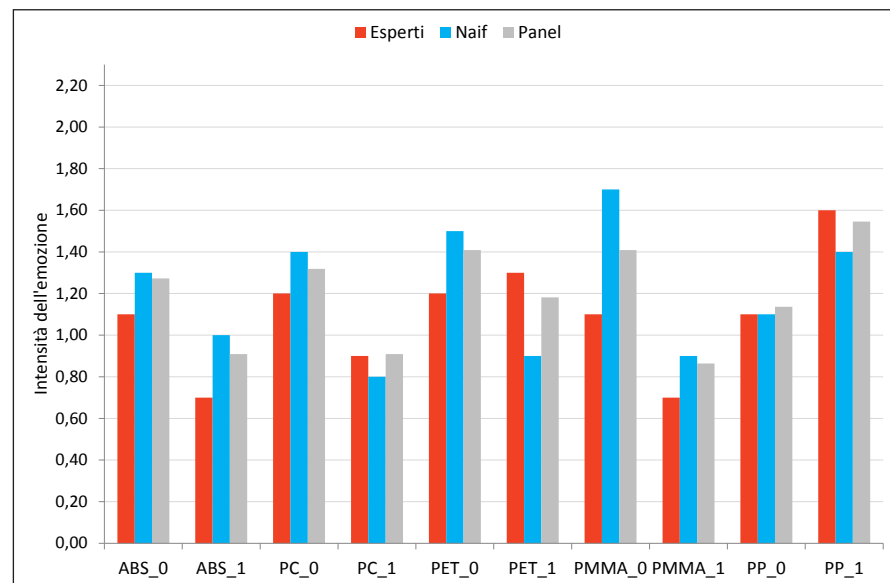


Grafico 60. Valutazione dell'emozione *gioia* per singolo panel (valori medi di percezione).

Gioia	Esperti	Naif	Panel
ABS_0	1,10	1,30	1,27
ABS_1	0,70	1,00	0,91
PC_0	1,20	1,40	1,32
PC_1	0,90	0,80	0,91
PET_0	1,20	1,50	1,41
PET_1	1,30	0,90	1,18
PMMA_0	1,10	1,70	1,41
PMMA_1	0,70	0,90	0,86
PP_0	1,10	1,10	1,14
PP_1	1,60	1,40	1,55
Valore medio	1,09	1,20	1,20
Differenza panel	-0,11		

Tabella 63. Valutazione dell'emozione *gioia* per singolo panel (valori medi di percezione).

Fascino

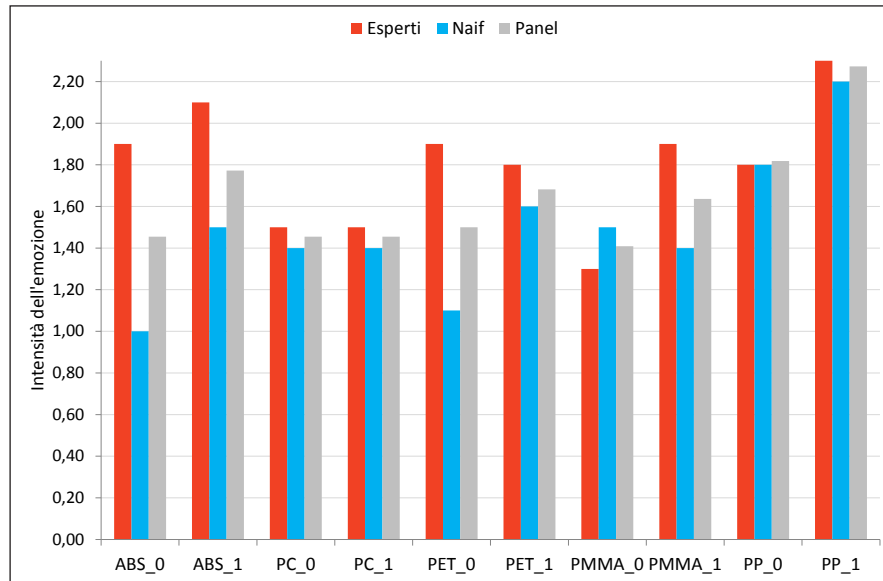


Grafico 61. Valutazione dell'emozione *fascino* per singolo panel (valori medi di percezione).

Fascino	Esperti	Naif	Panel
ABS_0	1,90	1,00	1,45
ABS_1	2,10	1,50	1,77
PC_0	1,50	1,40	1,45
PC_1	1,50	1,40	1,45
PET_0	1,90	1,10	1,50
PET_1	1,80	1,60	1,68
PMMA_0	1,30	1,50	1,41
PMMA_1	1,90	1,40	1,64
PP_0	1,80	1,80	1,82
PP_1	2,40	2,20	2,27
Valore medio	1,81	1,49	1,65
Differenza panel	0,32		

Tabella 64. Valutazione dell'emozione *fascino* per singolo panel (valori medi di percezione).

Disgusto

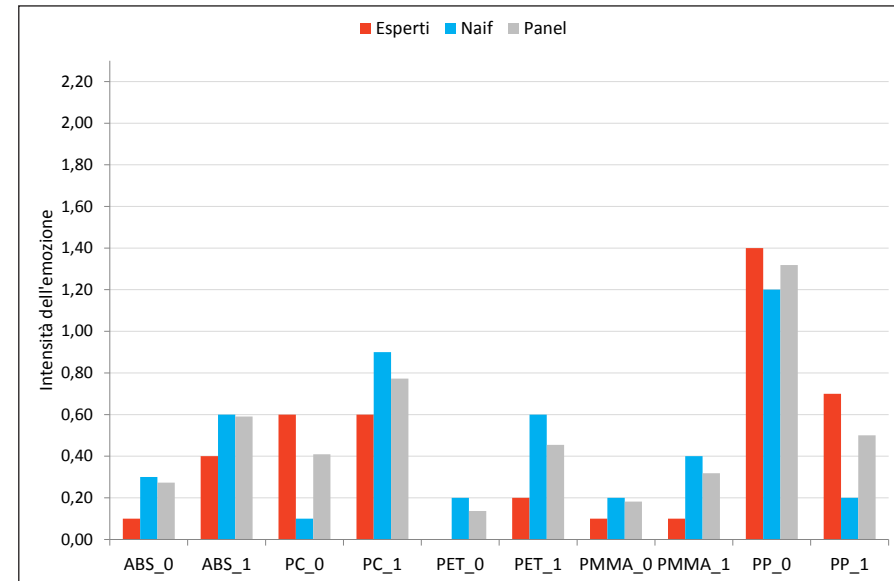


Grafico 62. Valutazione dell'emozione *disgusto* per singolo panel (valori medi di percezione).

Disgusto	Esperti	Naif	Panel
ABS_0	0,10	0,30	0,27
ABS_1	0,40	0,60	0,59
PC_0	0,60	0,10	0,41
PC_1	0,60	0,90	0,77
PET_0	0,00	0,20	0,14
PET_1	0,20	0,60	0,45
PMMA_0	0,10	0,20	0,18
PMMA_1	0,10	0,40	0,32
PP_0	1,40	1,20	1,32
PP_1	0,70	0,20	0,50
Valore medio	0,42	0,47	0,50
Differenza panel	-0,05		

Tabella 65. Valutazione dell'emozione *disgusto* per singolo panel (valori medi di percezione).

Insoddisfazione

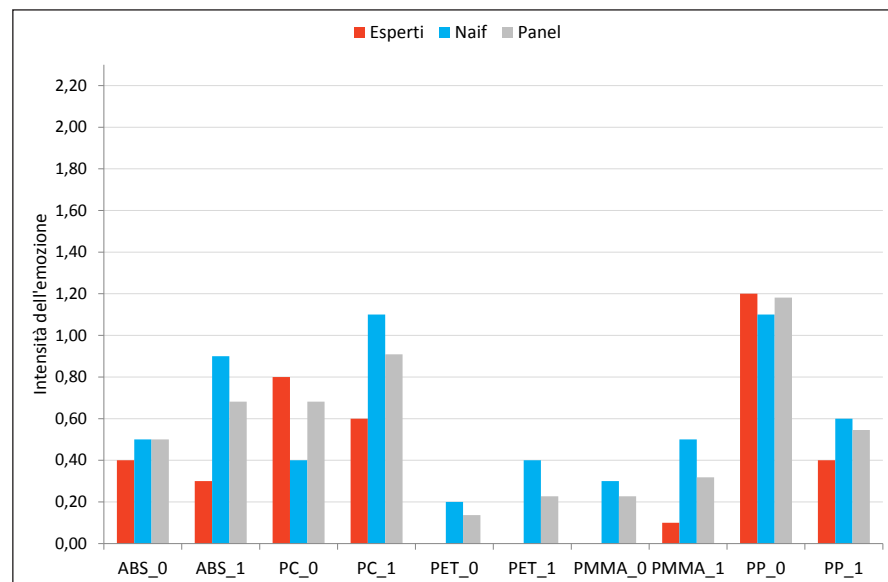


Grafico 63. Valutazione dell'emozione *insoddisfazione* per singolo panel (valori medi di percezione).

Insoddisfazione	Esperti	Naif	Panel
ABS_0	0,40	0,50	0,50
ABS_1	0,30	0,90	0,68
PC_0	0,80	0,40	0,68
PC_1	0,60	1,10	0,91
PET_0	0,00	0,20	0,14
PET_1	0,00	0,40	0,23
PMMA_0	0,00	0,30	0,23
PMMA_1	0,10	0,50	0,32
PP_0	1,20	1,10	1,18
PP_1	0,40	0,60	0,55
Valore medio	0,38	0,60	0,54
Differenza panel	-0,22		

Tabella 66. Valutazione dell'emozione *insoddisfazione* per singolo panel (valori medi di percezione).

Vergogna

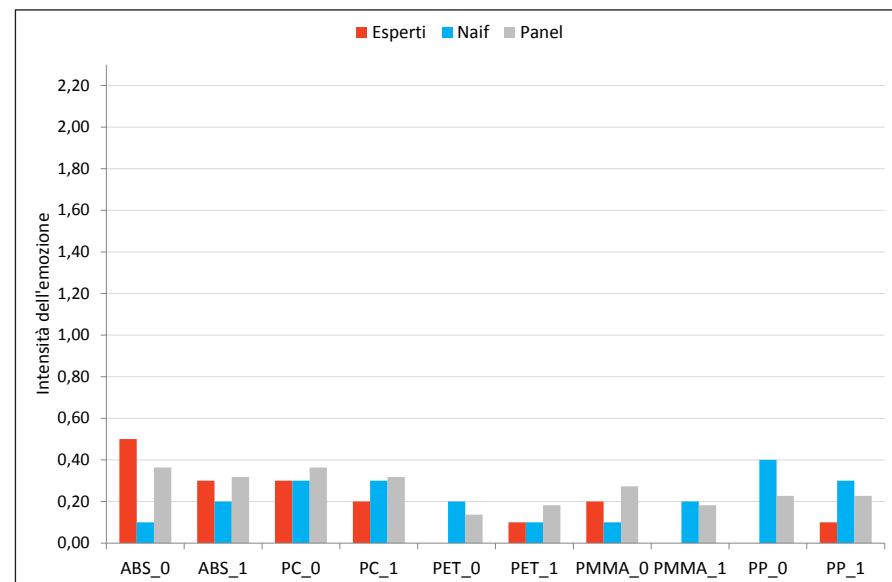


Grafico 64. Valutazione dell'emozione *vergogna* per singolo panel (valori medi di percezione).

Vergogna	Esperti	Naif	Panel
ABS_0	0,50	0,10	0,36
ABS_1	0,30	0,20	0,32
PC_0	0,30	0,30	0,36
PC_1	0,20	0,30	0,32
PET_0	0,00	0,20	0,14
PET_1	0,10	0,10	0,18
PMMA_0	0,20	0,10	0,27
PMMA_1	0,00	0,20	0,18
PP_0	0,00	0,40	0,23
PP_1	0,10	0,30	0,23
Valore medio	0,17	0,22	0,26
Differenza panel	-0,05		

Tabella 67. Valutazione dell'emozione *vergogna* per singolo panel (valori medi di percezione).

Paura

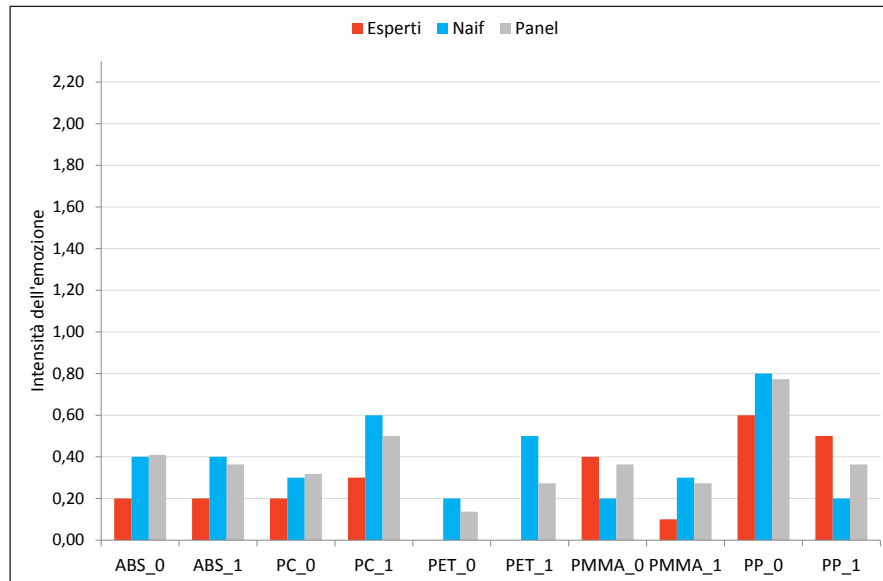


Grafico 65. Valutazione dell'emozione *paura* per singolo panel (valori medi di percezione).

Paura	Esperti	Naif	Panel
ABS_0	0,20	0,40	0,41
ABS_1	0,20	0,40	0,36
PC_0	0,20	0,30	0,32
PC_1	0,30	0,60	0,50
PET_0	0,00	0,20	0,14
PET_1	0,00	0,50	0,27
PMMA_0	0,40	0,20	0,36
PMMA_1	0,10	0,30	0,27
PP_0	0,60	0,80	0,77
PP_1	0,50	0,20	0,36
Valore medio	0,25	0,39	0,38
Differenza panel	-0,14		

Tabella 68. Valutazione dell'emozione *paura* per singolo panel (valori medi di percezione).

Tristezza

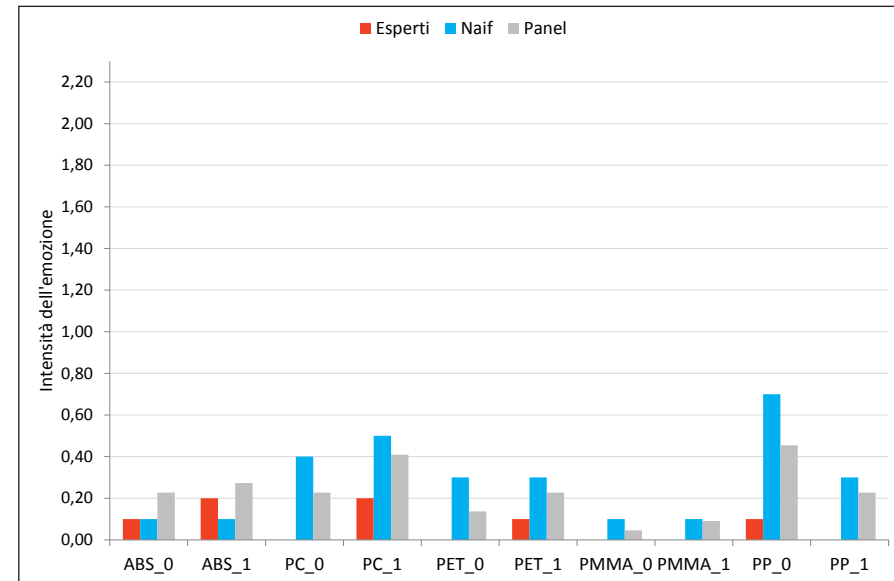


Grafico 66. Valutazione dell'emozione *tristezza* per singolo panel (valori medi di percezione).

Tristezza	Esperti	Naif	Panel
ABS_0	0,10	0,10	0,23
ABS_1	0,20	0,10	0,27
PC_0	0,00	0,40	0,23
PC_1	0,20	0,50	0,41
PET_0	0,00	0,30	0,14
PET_1	0,10	0,30	0,23
PMMA_0	0,00	0,10	0,05
PMMA_1	0,00	0,10	0,09
PP_0	0,10	0,70	0,45
PP_1	0,00	0,30	0,23
Valore medio	0,07	0,29	0,23
Differenza panel	-0,22		

Tabella 69. Valutazione dell'emozione *tristezza* per singolo panel (valori medi di percezione).

Noia

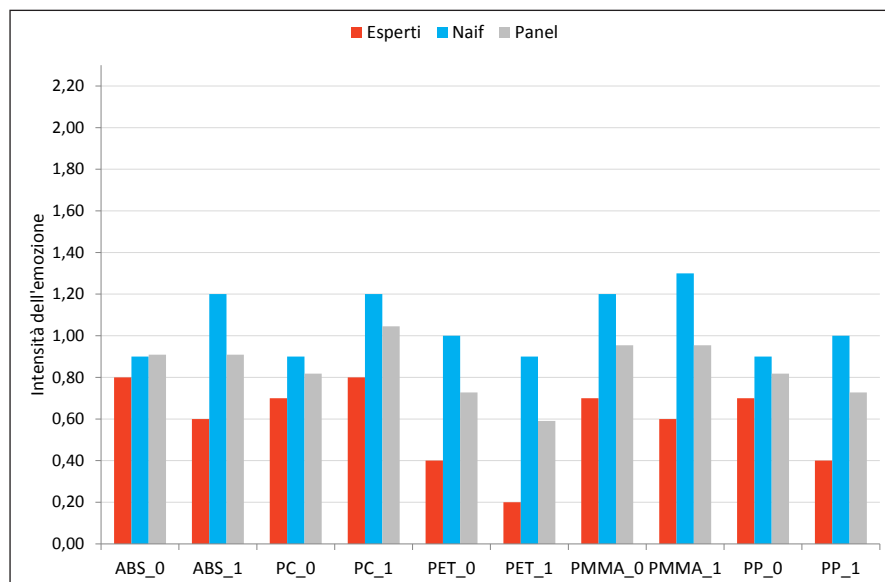


Grafico 67. Valutazione dell'emozione *noia* per singolo panel (valori medi di percezione).

Noia	Esperti	Naif	Panel
ABS_0	0,80	0,90	0,91
ABS_1	0,60	1,20	0,91
PC_0	0,70	0,90	0,82
PC_1	0,80	1,20	1,05
PET_0	0,40	1,00	0,73
PET_1	0,20	0,90	0,59
PMMA_0	0,70	1,20	0,95
PMMA_1	0,60	1,30	0,95
PP_0	0,70	0,90	0,82
PP_1	0,40	1,00	0,73
Valore medio	0,59	1,05	0,85
Differenza panel	-0,46		

Tabella 70. Valutazione dell'emozione *noia* per singolo panel (valori medi di percezione).

3.1.3 Livello 4

In questa fase sono state analizzate le coppie di materiali al fine di valutare come la percezione emotiva possa variare tra i materiali nuovi e quelli degradati. Per fare ciò è stata valutata la differenza tra i valori medi delle emozioni provate per ogni coppia di materiali in analisi, imponendo una soglia di significatività pari a 0,22 punti. Tale soglia è stata ottenuta calcolando il valor medio delle variazioni emozionali (0,22) valutate per ciascun materiale.

Test_1	ABS	PC	PET	PMMA	PP	Media
Desiderio	0,32	0,27	0,55	0,18	0,23	0,31
Soddisfazione	0,41	0,18	0,55	0,41	0,14	0,34
Orgoglio	0,09	0,18	0,5	0,32	0,05	0,23
Speranza	0,14	0,23	0,36	0,05	-0,5	0,05
Gioia	0,36	0,41	0,23	0,55	0,41	0,39
Fascino	0,32	0	0,18	0,23	0,45	0,24
Disgusto	0,32	0,36	0,32	0,14	0,82	0,39
Insoddisfazione	0,18	0,23	0,09	0,09	0,64	0,25
Vergogna	0,05	0,05	0,05	0,09	0	0,05
Paura	0,05	0,18	0,14	0,09	0,41	0,17
Tristezza	0,05	0,18	0,09	0,05	0,23	0,12
Noia	0	0,23	0,14	0	0,09	0,09
Media	0,19	0,21	0,27	0,18	0,25	0,22

Tabella 71. Variazione di percezione emozionale tra oggetto nuovo e invecchiato.

ABS

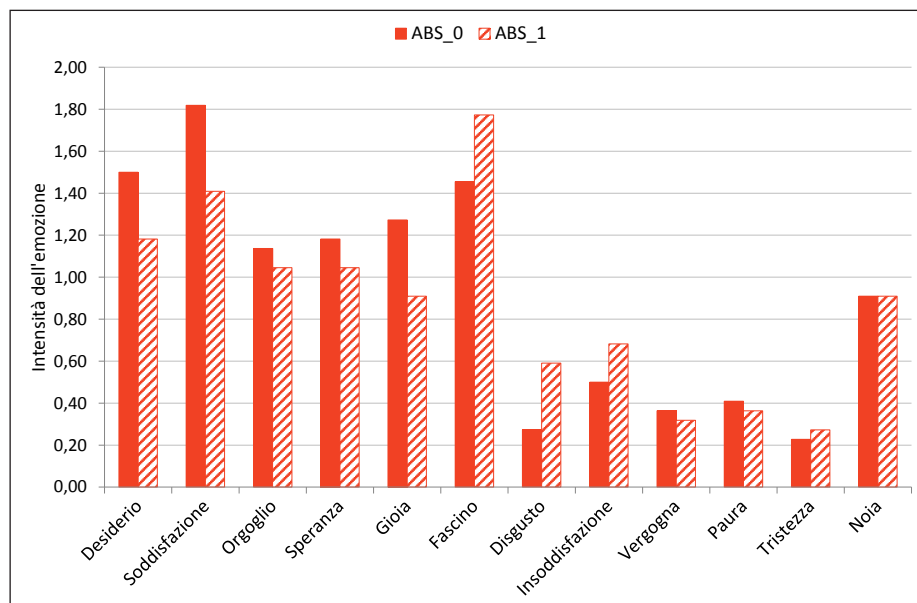


Grafico 68. Confronto tra valutazione emozionale ABS_0 e ABS_1 (valori medi di percezione).

ABS_0	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
Desiderio	1,50	2	3	0,25	1,14
Soddisfazione	1,82	2	3	1	1,01
Orgoglio	1,14	1	3	0	1,17
Speranza	1,18	1	2	0	1,10
Gioia	1,27	1	2,85	1	1,12
Fascino	1,45	1	2,85	1	1,01
Disgusto	0,27	0	0,85	0	0,63
Insoddisfazione	0,50	0	1,85	0	0,80
Vergogna	0,36	0	1	0	0,73
Paura	0,41	0	0,85	0	0,96
Tristezza	0,23	0	0	0	0,69
Noia	0,91	0,5	2	0	1,06

Tabella 72. Valutazione emozionale ABS_0.

ABS_1	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
Desiderio	1,18	1	2	0	0,96
Soddisfazione	1,41	1	2,85	1	1,01
Orgoglio	1,05	1	2	0	1,09
Speranza	1,05	1	2	0	0,90
Gioia	0,91	1	2	0	1,02
Fascino	1,77	2	3	1	1,19
Disgusto	0,59	0	1,85	0	1,01
Insoddisfazione	0,68	0	1,85	0	0,99
Vergogna	0,32	0	1	0	0,57
Paura	0,36	0	1	0	0,73
Tristezza	0,27	0	0	0	0,77
Noia	0,91	0	2	0	1,11

Tabella 73. Valutazione emozionale ABS_1.

PC

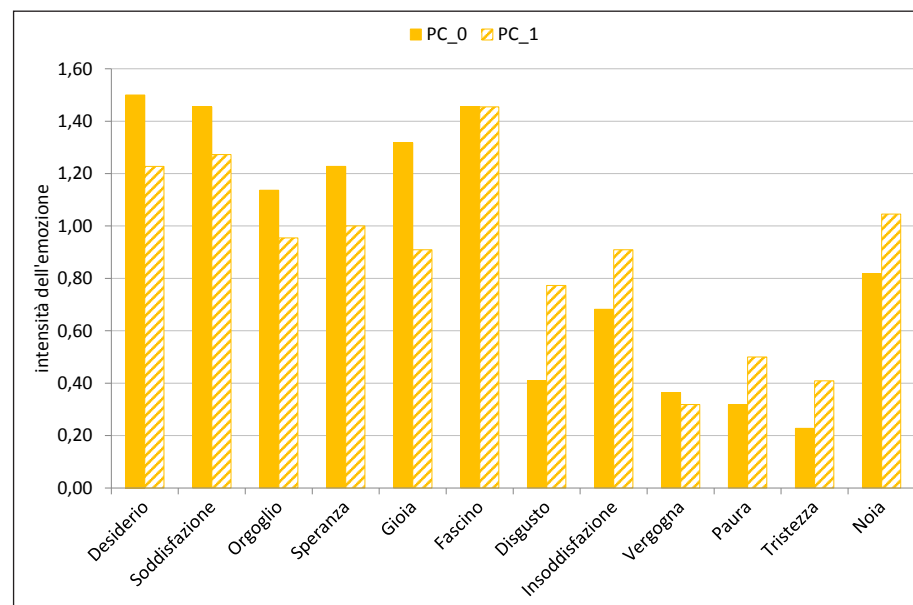


Grafico 69. Confronto tra valutazione emozionale PC_0 e PC_1 (valori medi di percezione).

PC_0	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
Desiderio	1,50	1	3	1	1,22
Soddisfazione	1,45	2	3	0	1,18
Orgoglio	1,14	1	2	0	1,04
Speranza	1,23	1	2	1	0,87
Gioia	1,32	1	2,85	0	1,13
Fascino	1,45	1	3	1	1,06
Disgusto	0,41	0	1	0	0,67
Insoddisfazione	0,68	0	1,85	0	0,89
Vergogna	0,36	0	1	0	0,66
Paura	0,32	0	1	0	0,65
Tristezza	0,23	0	1	0	0,43
Noia	0,82	1	2	0	0,85

Tabella 74. Valutazione emozionale PC_0.

PC_1	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
Desiderio	1,23	1	2	1	0,92
Soddisfazione	1,27	1	2,85	0	1,16
Orgoglio	0,95	1	2	0	1,09
Speranza	1,00	1	2	0	0,93
Gioia	0,91	1	2	0	1,02
Fascino	1,45	2	2,85	0,25	1,10
Disgusto	0,77	0	2	0	0,92
Insoddisfazione	0,91	0,5	2	0	1,06
Vergogna	0,32	0	1	0	0,57
Paura	0,50	0	1	0	0,74
Tristezza	0,41	0	1	0	0,67
Noia	1,05	1	2	0	1,05

Tabella 75. Valutazione emozionale PC_1.

PET

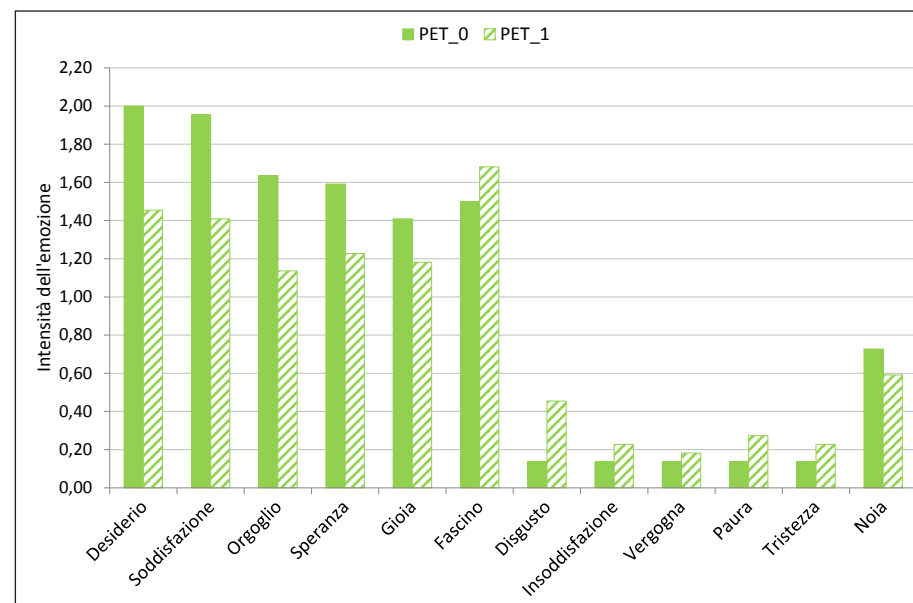


Grafico 70. Confronto tra valutazione emozionale PET_0 e PET_1 (valori medi di percezione).

PET_0	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
Desiderio	2,00	2	3	1	1,27
Soddisfazione	1,95	2	3	1	1,33
Orgoglio	1,64	2	3	0	1,36
Speranza	1,59	2	3	1	1,10
Gioia	1,41	1	3	0	1,40
Fascino	1,50	1,5	3	1	1,10
Disgusto	0,14	0	0	0	0,35
Insoddisfazione	0,14	0	0	0	0,35
Vergogna	0,14	0	0	0	0,35
Paura	0,14	0	0	0	0,35
Tristezza	0,14	0	0	0	0,35
Noia	0,73	0,5	2	0	0,83

Tabella 76. Valutazione emozionale PET_0.

PET_1	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
Desiderio	1,45	1	2,85	0,25	1,26
Soddisfazione	1,41	1	2,85	0,25	1,26
Orgoglio	1,14	1	2	0	1,13
Speranza	1,23	1	2,85	0	1,15
Gioia	1,18	1	2,85	0	1,30
Fascino	1,68	2	3	1	1,09
Disgusto	0,45	0	1	0	0,74
Insoddisfazione	0,23	0	0,85	0	0,53
Vergogna	0,18	0	0	0	0,50
Paura	0,27	0	1	0	0,55
Tristezza	0,23	0	1	0	0,43
Noia	0,59	0	1,85	0	0,80

Tabella 77. Valutazione emozionale PET_1.

PMMA

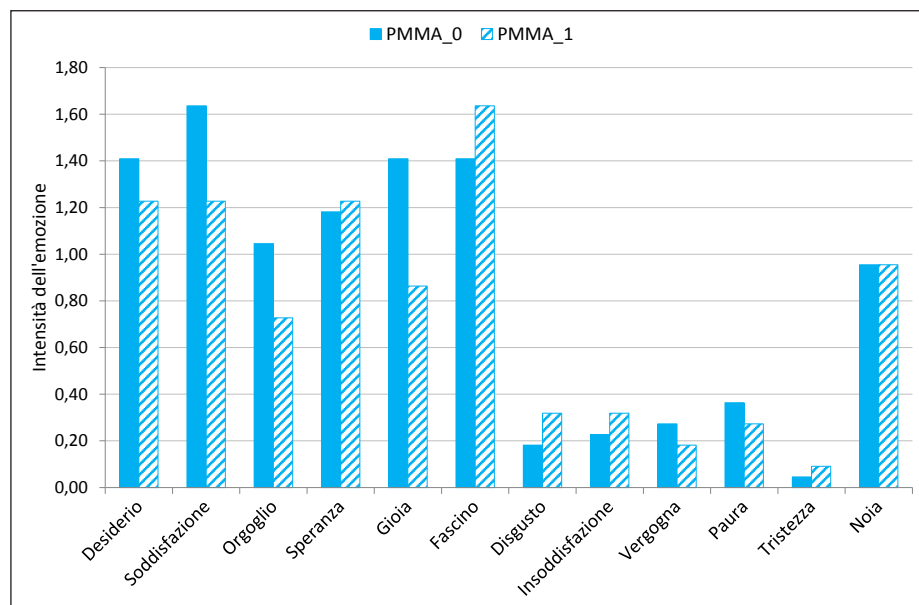


Grafico 71. Confronto tra valutazione emozionale PMMA_0 e PMMA_1 (valori medi di percezione).

PMMA_0	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
Desiderio	1,41	1,5	2	1	1,01
Soddisfazione	1,64	2	3	1	1,18
Orgoglio	1,05	1	2	0	0,95
Speranza	1,18	1	2,85	0	1,18
Gioia	1,41	1	3	0	1,37
Fascino	1,41	1	2,85	1	1,01
Disgusto	0,18	0	0,85	0	0,39
Insoddisfazione	0,23	0	0,85	0	0,53
Vergogna	0,27	0	0	0	0,77
Paura	0,36	0	1	0	0,66
Tristezza	0,05	0	0	0	0,21
Noia	0,95	1	2	0	0,95

Tabella 78. Valutazione emozionale PMMA_0.

PMMA_1	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
Desiderio	1,23	1	2	0	1,07
Soddisfazione	1,23	1	2,85	0,25	1,07
Orgoglio	0,73	0,5	2	0	0,83
Speranza	1,23	1	2	0	1,07
Gioia	0,86	0,5	2	0	1,04
Fascino	1,64	1,5	3	1	1,05
Disgusto	0,32	0	1	0	0,57
Insoddisfazione	0,32	0	1	0	0,48
Vergogna	0,18	0	0	0	0,50
Paura	0,27	0	1	0	0,55
Tristezza	0,09	0	0	0	0,29
Noia	0,95	1	2	0	0,84

Tabella 79. Valutazione emozionale PMMA_1.

PP

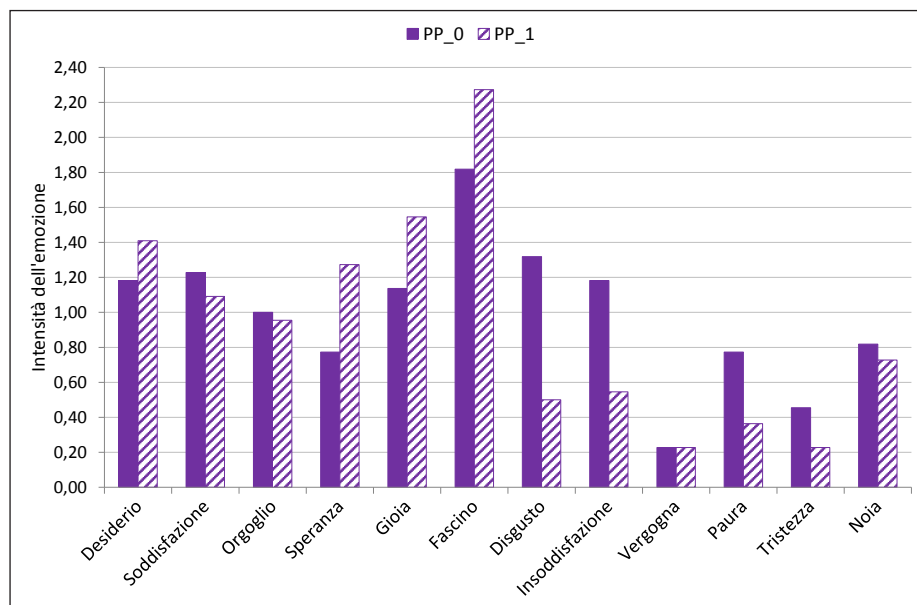


Grafico 72. Confronto tra valutazione emozionale PP_0 e PP_1 (valori medi di percezione).

PP_0	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
Desiderio	1,18	1	3	0	1,26
Soddifazione	1,23	1	3	0	1,31
Orgoglio	1,00	0	2	0	1,20
Speranza	0,77	1	2	0	0,81
Gioia	1,14	1	2,85	0	1,17
Fascino	1,82	2	2,85	1,25	1,14
Disgusto	1,32	1	3	0	1,36
Insoddifazione	1,18	1	2	0	1,10
Vergogna	0,23	0	0,85	0	0,53
Paura	0,77	0	2	0	0,97
Tristezza	0,45	0	1	0	0,67
Noia	0,82	1	2	0	0,85

Tabella 80. Valutazione emozionale PP_0.

PP_1	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
Desiderio	1,41	2	3	0	1,22
Soddifazione	1,09	1	2	0	1,11
Orgoglio	0,95	0	2,85	0	1,21
Speranza	1,27	1	2	1	0,98
Gioia	1,55	1,5	3	0	1,37
Fascino	2,27	3	3,85	1	1,42
Disgusto	0,50	0	1	0	0,86
Insoddifazione	0,55	0	2	0	0,86
Vergogna	0,23	0	0,85	0	0,53
Paura	0,36	0	1	0	0,66
Tristezza	0,23	0	0,85	0	0,53
Noia	0,73	0,5	2	0	0,83

Tabella 81. Valutazione emozionale PP_1.

3.2 VALUTAZIONE DELLA PERCEZIONE SENSORIALE DEI MATERIALI

In questa fase sono state analizzate le coppie di materiali al fine di valutare come la percezione sensoriale possa variare tra i materiali nuovi e quelli degradati. Per fare ciò è stata valutata la differenza tra i valori medi delle percezioni provate per ogni coppia di materiali in analisi, imponendo una soglia di significatività pari a 0,22 punti. Tale soglia è stata ottenuta calcolando il valor medio delle variazioni percettive (0,22) valutate per ciascun materiale.

Test_1	ABS	PC	PET	PMMA	PP	Media
Freddo-caldo	0,18	0,5	0,09	0,14	0,5	0,28
Duro-morbido	0,64	0,05	0,18	0,05	0,09	0,2
Liscio-rugoso	0,18	0,14	0,27	0,14	0,27	0,2
Leggero-pesante	0,23	0	0,07	0	0	0,06
Rigido-flessibile	0,09	0,05	0,32	0,23	0,05	0,15
Non elastico-elastico	0,14	0,09	0,05	0,09	0	0,07
Resistente-fragile	0,18	0,23	0,14	0,14	0,14	0,16
Opaco-trasparente	0,09	0,09	0,05	0,09	0,05	0,07
Satinato- lucido	0,64	0,03	0,05	0,19	0,73	0,33
Riflettente-non riflettente	0,73	0,32	0,36	0,14	0,41	0,39
Sbiadito-saturo	0,95	0,52	0,52	0,47	0,29	0,55
Suono piacevole-suono sgradevole	0,05	0,18	0,05	0,05	0,05	0,07
Inodore-odoroso	0,18	0,05	0	0,05	1,05	0,26
Media	0,33	0,17	0,16	0,14	0,28	0,22

Tabella 82. Variazione di percezione emozionale tra oggetto nuovo e invecchiato.

ABS

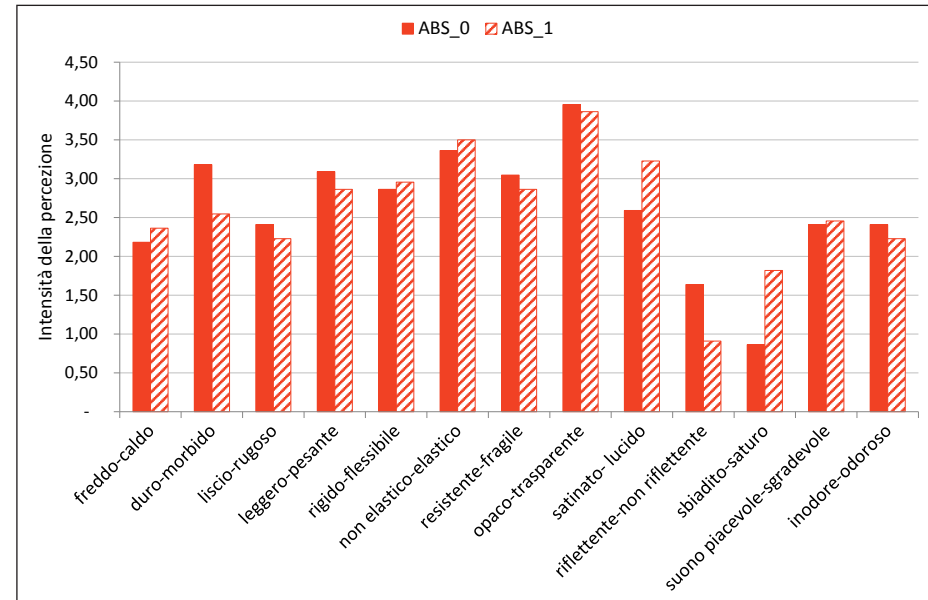


Grafico 73. Confronto tra valutazione sensoriale ABS_0 e ABS_1 (valori medi di percezione).

ABS_0	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
freddo-caldo	2,18	2	3	1	1,10
duro-morbido	3,18	3	4	3	0,96
liscio-rugoso	2,41	3	3	1,25	1,05
leggero-pesante	3,09	3	4	3	0,81
rigido-flessibile	2,86	3	4	2	0,83
non elastico-elastico	3,36	3,5	4	3	0,73
resistente-fragile	3,05	3	4	2,25	0,79
opaco-trasparente	3,95	4	4	4	0,21
satinato- lucido	2,59	3	4	2	1,26
riflettente-non riflettente	1,64	2	3	0,25	1,22
sbiadito-saturo	0,86	1	1,85	0	0,94
suono piacevole-sgradevole	2,41	2	3	2	0,96
inodore-odoroso	2,41	2	4	1	1,44

Tabella 83. Valutazione sensoriale ABS_0.

ABS_1	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
freddo-caldo	2,36	2	3	2	0,95
duro-morbido	2,55	3	4	1	1,30
liscio-rugoso	2,23	2	3,85	1	1,19
leggero-pesante	2,86	3	4	2	0,83
rigido-flessibile	2,95	3	3,85	3	0,72
non elastico-elastico	3,50	4	4	3	0,67
resistente-fragile	2,86	3	4	2,25	0,89
opaco-trasparente	3,86	4	4	4	0,35
satinato- lucido	3,23	3,5	4	2,25	0,87
riflettente-non riflettente	0,91	1	2	0	1,06
sbiadito-saturo	1,82	2	3	1	1,18
suono piacevole-sgradevole	2,45	2	3,85	2	0,86
inodore-odoroso	2,23	2	4	1	1,23

Tabella 84. Valutazione sensoriale ABS_1.

PC

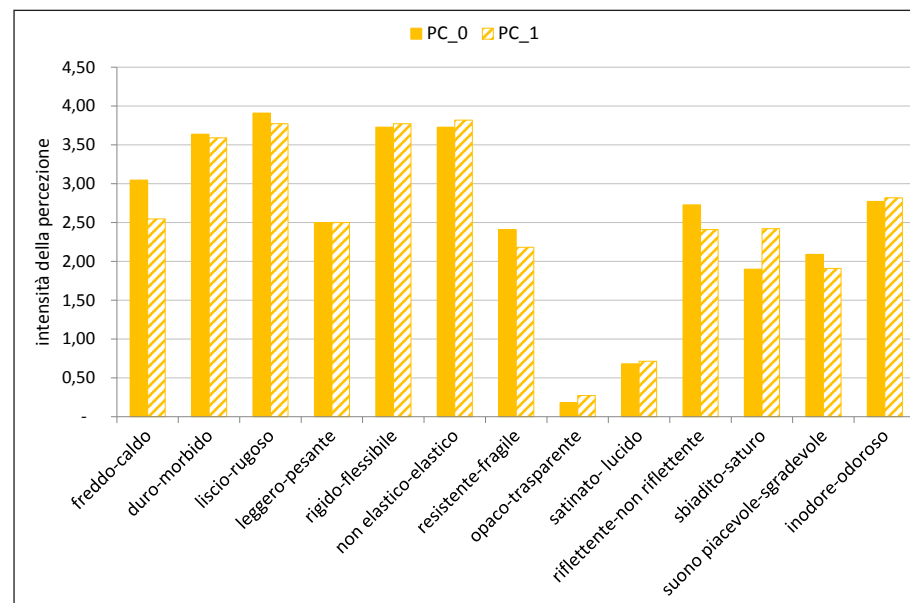


Grafico 74. Confronto tra valutazione sensoriale PC_0 e PC_1 (valori medi di percezione).

PC_0	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
freddo-caldo	3,05	3	4	3	0,72
duro-morbido	3,64	4	4	3	0,49
liscio-rugoso	3,91	4	4	4	0,29
leggero-pesante	2,50	2,5	3	2	0,96
rigido-flessibile	3,73	4	4	3,25	0,46
non elastico-elastico	3,73	4	4	4	0,55
resistente-fragile	2,41	2	4	1,25	1,14
opaco-trasparente	0,18	0	0	0	0,66
satinato- lucido	0,68	0	1,85	0	0,89
riflettente-non riflettente	2,73	3	4	2	1,24
sbiadito-saturo	1,90	2	2,15	1,75	1,02
suono piacevole-sgradevole	2,09	2	3	2	1,11
inodore-odoroso	2,77	3	4	2	1,02

Tabella 85. Valutazione sensoriale PC_0.

PC_1	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
freddo-caldo	2,55	3	3	2	0,80
duro-morbido	3,59	4	4	3	0,50
liscio-rugoso	3,77	4	4	4	0,43
leggero-pesante	2,50	3	3	2	1,06
rigido-flessibile	3,77	4	4	4	0,43
non elastico-elastico	3,82	4	4	4	0,39
resistente-fragile	2,18	2	3,85	1	1,18
opaco-trasparente	0,27	0	1	0	0,46
satinato- lucido	0,71	1	1	0	0,72
riflettente-non riflettente	2,41	3	4	1,25	1,37
sbiadito-saturo	2,42	2	3,3	2	0,96
suono piacevole-sgradevole	1,91	2	3	1	1,15
inodore-odoroso	2,82	2	4	2	1,05

Tabella 86. Valutazione sensoriale PC_1.

PET

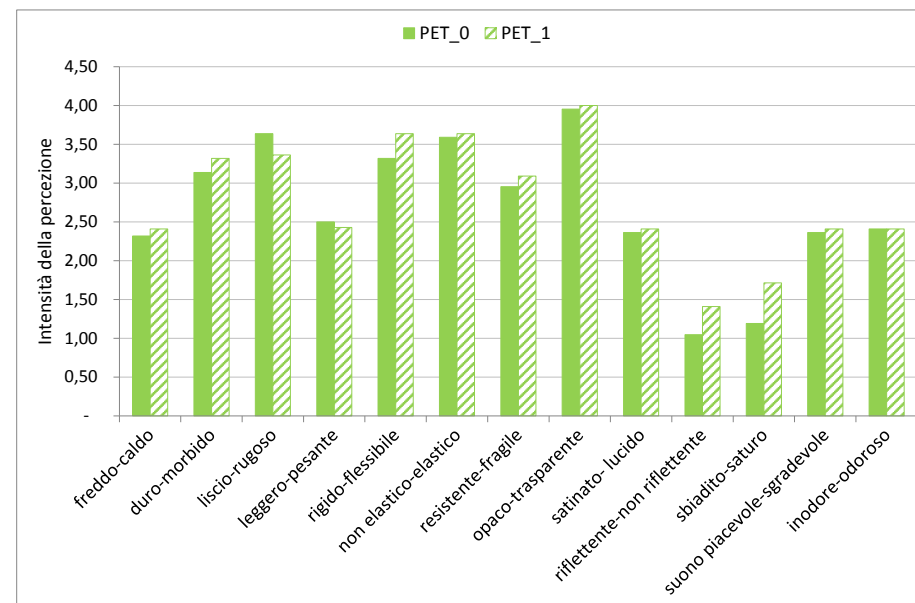


Grafico 75. Confronto tra valutazione sensoriale PET_0 e PET_1 (valori medi di percezione).

PET_0	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
freddo-caldo	2,32	2	3	2	0,84
duro-morbido	3,14	3	4	3	1,04
liscio-rugoso	3,64	4	4	3,25	0,66
leggero-pesante	2,50	3	4	1,25	1,14
rigido-flessibile	3,32	3,5	4	3	0,78
non elastico-elastico	3,59	4	4	3,25	0,73
resistente-fragile	2,95	3	4	2,25	0,84
opaco-trasparente	3,95	4	4	4	0,21
satinato- lucido	2,36	2,5	4	1	1,36
riflettente-non riflettente	1,05	1	2,85	0	1,13
sbiadito-saturo	1,19	1	2	0	1,12
suono piacevole-sgradevole	2,36	2	3	2	0,58
inodore-odoroso	2,41	2	4	1,25	1,18

Tabella 87. Valutazione sensoriale PET_0.

PET_1	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
freddo-caldo	2,41	3	3	2	0,96
duro-morbido	3,32	3	4	3	0,78
liscio-rugoso	3,36	4	4	3	0,85
leggero-pesante	2,43	2	4	2	1,12
rigido-flessibile	3,64	4	4	3	0,49
non elastico-elastico	3,64	4	4	3	0,58
resistente-fragile	3,09	3	4	3	0,75
opaco-trasparente	4,00	4	4	4	0
satinato- lucido	2,41	2	4	1,25	1,37
riflettente-non riflettente	1,41	1	3	0	1,26
sbiadito-saturo	1,71	2	3	1	1,06
suono piacevole-sgradevole	2,41	2	3	2	0,67
inodore-odoroso	2,41	2	4	2	1,18

Tabella 88. Valutazione sensoriale PET_1.

PMMA

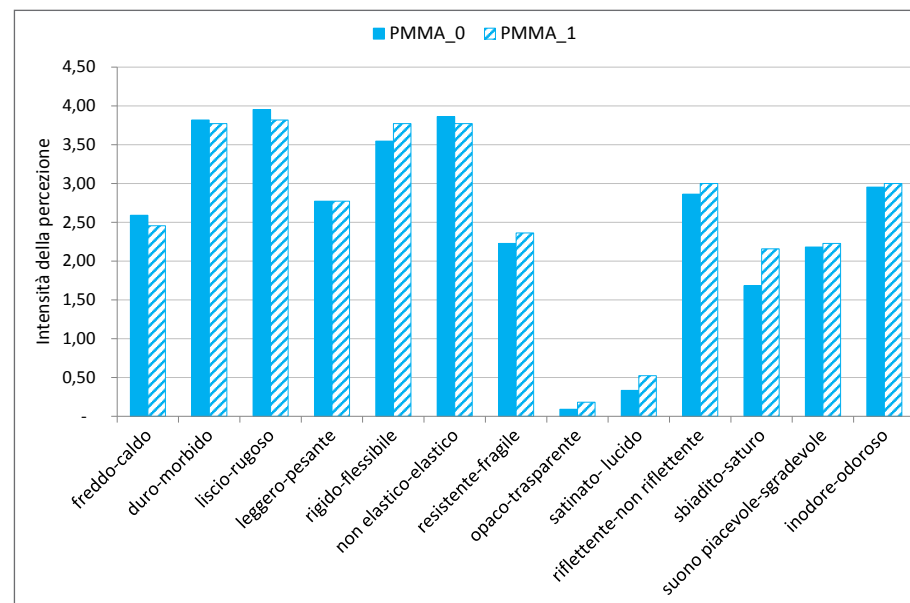


Grafico 76. Confronto tra valutazione sensoriale PMMA_0 e PMMA_1 (valori medi di percezione).

PMMA_0	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
freddo-caldo	2,59	2,5	3	2	0,67
duro-morbido	3,82	4	4	4	0,39
liscio-rugoso	3,95	4	4	4	0,21
leggero-pesante	2,77	3	4	2	1,07
rigido-flessibile	3,55	4	4	3	0,67
non elastico-elastico	3,86	4	4	4	0,47
resistente-fragile	2,23	2	3,85	1	1,23
opaco-trasparente	0,09	0	0	0	0,29
satinato- lucido	0,33	0	1	0	0,58
riflettente-non riflettente	2,86	3	4	2,25	1,32
sbiadito-saturo	1,68	2	2	1,5	1,06
suono piacevole-sgradevole	2,18	2	3	2	0,85
inodore-odoroso	2,95	3	4	2	1,09

Tabella 89. Valutazione sensoriale PMMA_0.

PMMA_1	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
freddo-caldo	2,45	2	3	2	0,80
duro-morbido	3,77	4	4	4	0,43
liscio-rugoso	3,82	4	4	4	0,39
leggero-pesante	2,77	3	4	2	1,07
rigido-flessibile	3,77	4	4	4	0,43
non elastico-elastico	3,77	4	4	4	0,53
resistente-fragile	2,36	3	3,85	1	1,26
opaco-trasparente	0,18	0	0,85	0	0,39
satinato- lucido	0,52	0	1	0	0,68
riflettente-non riflettente	3,00	3	4	3	1,11
sbiadito-saturo	2,16	2	3,3	2	0,96
suono piacevole-sgradevole	2,23	2	3	2	0,75
inodore-odoroso	3,00	3,5	4	2	1,11

Tabella 90. Valutazione sensoriale PMMA_1.

PP

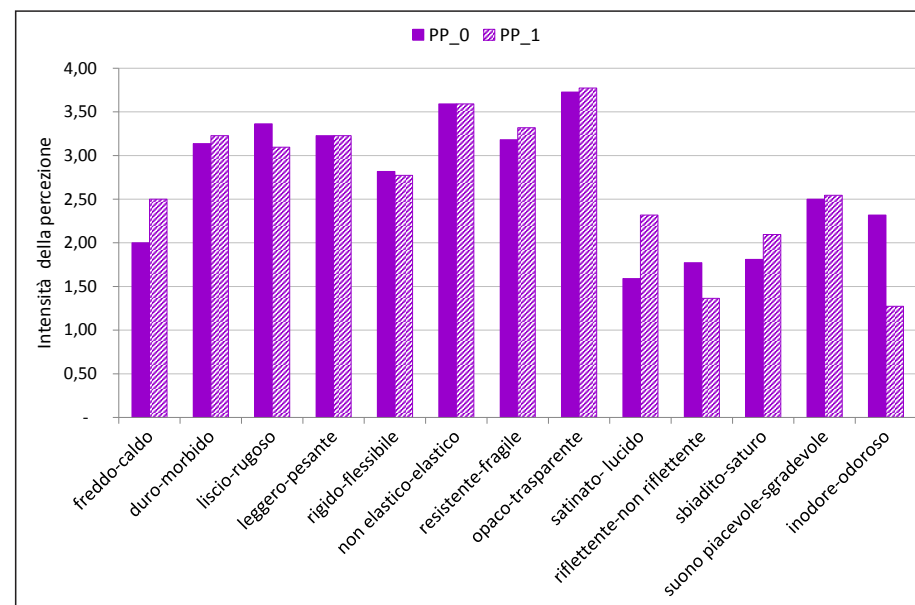


Grafico 77. Confronto tra valutazione sensoriale PP_0 e PP_1 (valori medi di percezione).

PP_0	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
freddo-caldo	2,00	2	2,85	2	0,76
duro-morbido	3,14	3,5	4	2	0,99
liscio-rugoso	3,36	4	4	3	0,85
leggero-pesante	3,23	3	4	3	0,69
rigido-flessibile	2,82	3	4	2,25	1,14
non elastico-elastico	3,59	4	4	3,25	0,80
resistente-fragile	3,18	3	4	3	0,66
opaco-trasparente	3,73	4	4	4	0,77
satinato- lucido	1,59	1,5	2	1	1,10
riflettente-non riflettente	1,77	2	3	0,25	1,23
sbiadito-saturo	1,81	2	3	0	1,44
suono piacevole-sgradevole	2,50	2	3	2	0,74
inodore-odoroso	2,32	2	4	1	1,32

Tabella 91. Valutazione sensoriale PP_0.

PP_1	Media	Mediana	85° perc.	25° perc.	Dev.std.
freddo-caldo	2,50	3	3	2	0,86
duro-morbido	3,23	3	4	3	0,81
liscio-rugoso	3,10	3	4	3	1,00
leggero-pesante	3,23	3	4	3	0,69
rigido-flessibile	2,77	3	4	1,25	1,23
non elastico-elastico	3,59	4	4	3,25	0,80
resistente-fragile	3,32	3	4	3	0,48
opaco-trasparente	3,77	4	4	4	0,43
satinato- lucido	2,32	2	3	2	1,09
riflettente-non riflettente	1,36	1	3	0,25	1,14
sbiadito-saturo	2,10	2	3	1	1,09
suono piacevole-sgradevole	2,55	2,5	3	2	0,60
inodore-odoroso	1,27	1	3,7	0	1,45

Tabella 92. Valutazione sensoriale PP_1.

3.3 CORRELAZIONI TRA VARIAZIONI PERCETTIVE ED EMOZIONALI

Desiderio

Il parametro principalmente responsabile di una diminuzione di *desiderio* è la perdita di *saturatione* e di *riflettività* del materiale. A tale variazione possono essere correlate variazioni di *lucentezza*, *rugosità* e *calore* del manufatto.

Soddisfazione

Il parametro principalmente responsabile di una diminuzione di *soddisfazione* è la perdita di *saturatione* cromatica del materiale. A tale variazione possono essere correlate variazioni di *riflettività* e *rigidezza* del manufatto.

Orgoglio

I parametri principalmente responsabili di una diminuzione di *orgoglio* sono la perdita di *saturatione* e *rigidezza* del materiale. A tale variazione possono essere correlate variazioni di *riflettività* e *rugosità* del manufatto.

Speranza

I parametri principalmente responsabili di una diminuzione di *speranza* sono la perdita di *saturatione* e *riflettività* del materiale. A tale variazione possono essere correlate variazioni di *calore* e *rugosità* del manufatto.

Gioia

Il parametro principalmente responsabile di una diminuzione di *gioia* è la perdita di *saturatione* cromatica del materiale. A tale variazione può essere correlata una variazione di *riflettività*.

Fascino

Alla variazione dell'emozione *fascino* può essere principalmente associata una perdita di *saturatione* del materiale. A tale variazione può essere correlata una variazione di *riflettività* e *lucentezza*.

Disgusto

I parametri principalmente responsabili di un aumento di *disgusto* sono: la perdita di *saturatione* cromatica, la variazione di *lucentezza* e *rugosità* del materiale. A tale variazione possono essere correlate variazioni di *riflettività* e *trasparenza*. Minore importanza viene attribuita alla variazione di profumazione.

Insoddisfazione

I parametri principalmente responsabili di un aumento di *insoddisfazione* sono la perdita di *saturatione* cromatica, di *riflettività* e di *calore*. Minore importanza viene attribuita alla variazione di profumazione, *lucentezza*, *fragilità* e *rugosità*.

Paura

Alla variazione dell'emozione *paura* non corrisponde un netto trend di variazione dei parametri sensoriali, essa viene infatti correlata a variazioni di *profumazione, saturazione, riflettività, lucentezza, rugosità e calore*.

Tristezza

Alla variazione dell'emozione *tristezza* non corrisponde un netto trend di variazione dei parametri sensoriali, essa viene infatti correlata a variazioni di *profumazione, saturazione, riflettività, lucentezza, rugosità e calore*.

Noia

Alla variazione dell'emozione *noia* non corrisponde un netto trend di variazione dei parametri sensoriali, essa viene infatti unicamente correlata a variazioni di *saturazione, riflettività e resistenza*.

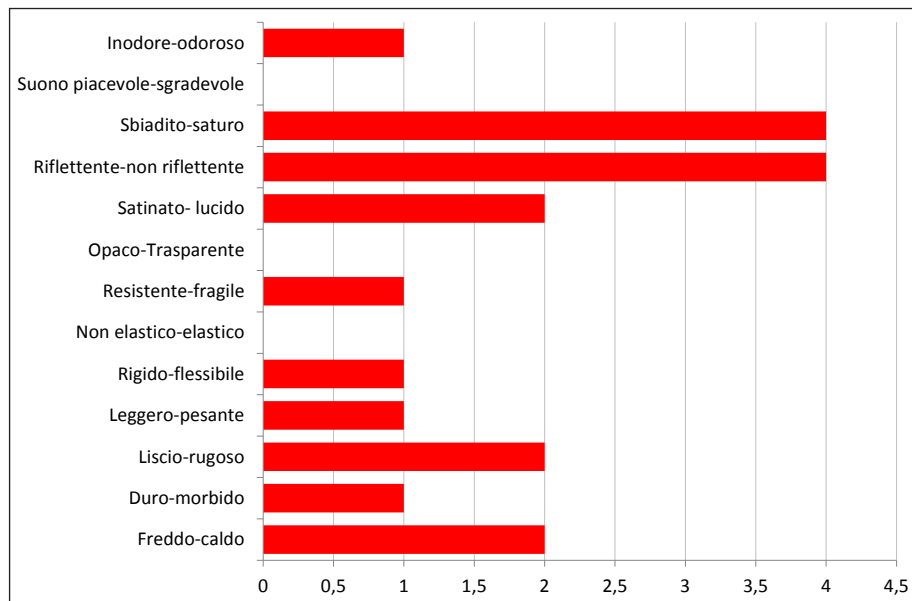


Grafico 78. Correlazione tra variazione di *desiderio* e parametri sensoriali.

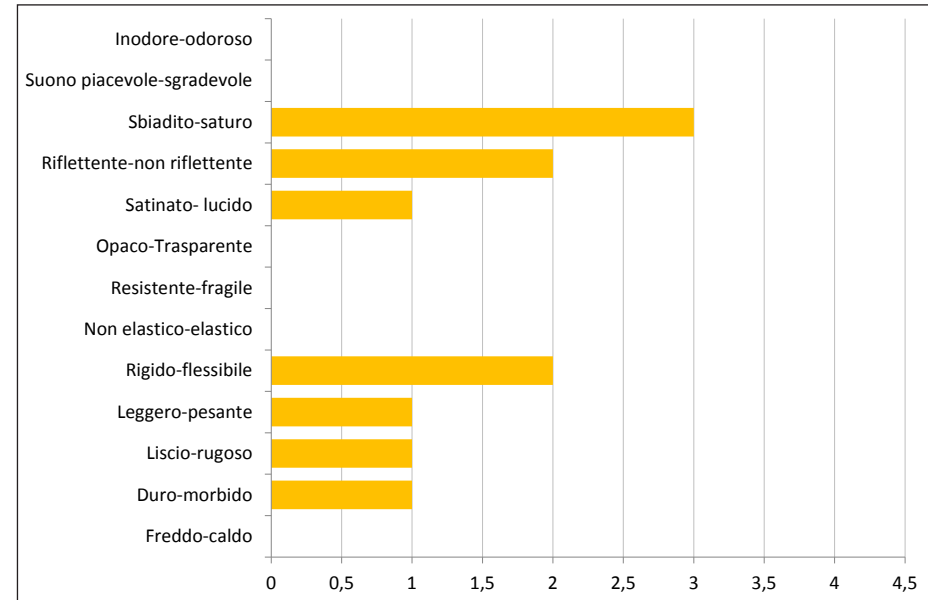


Grafico 79. Correlazione tra variazione di *soddisfazione* e parametri sensoriali.

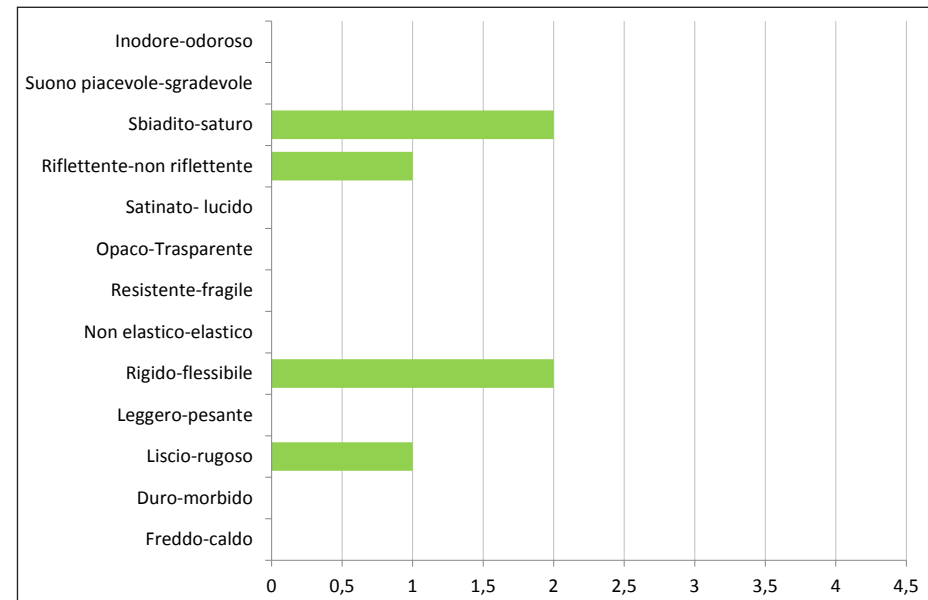


Grafico 80. Correlazione tra variazione di *orgoglio* e parametri sensoriali.

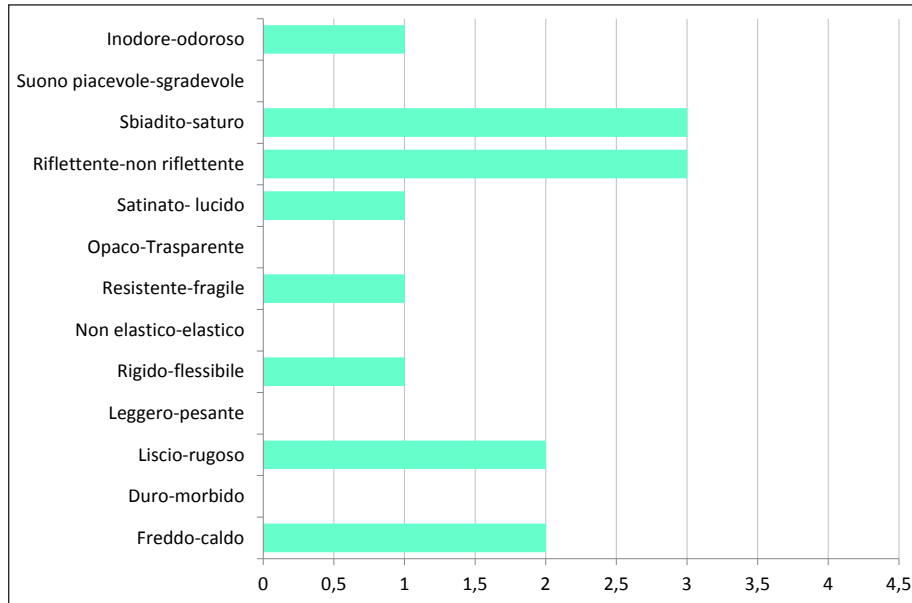


Grafico 81. Correlazione tra variazione di *speranza* e parametri sensoriali.

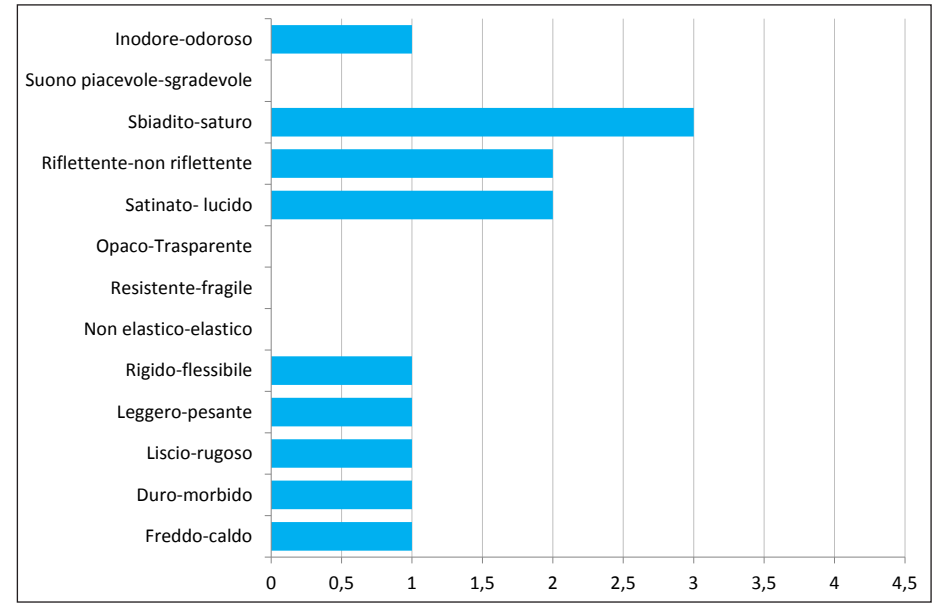


Grafico 83. Correlazione tra variazione di *fascino* e parametri sensoriali.

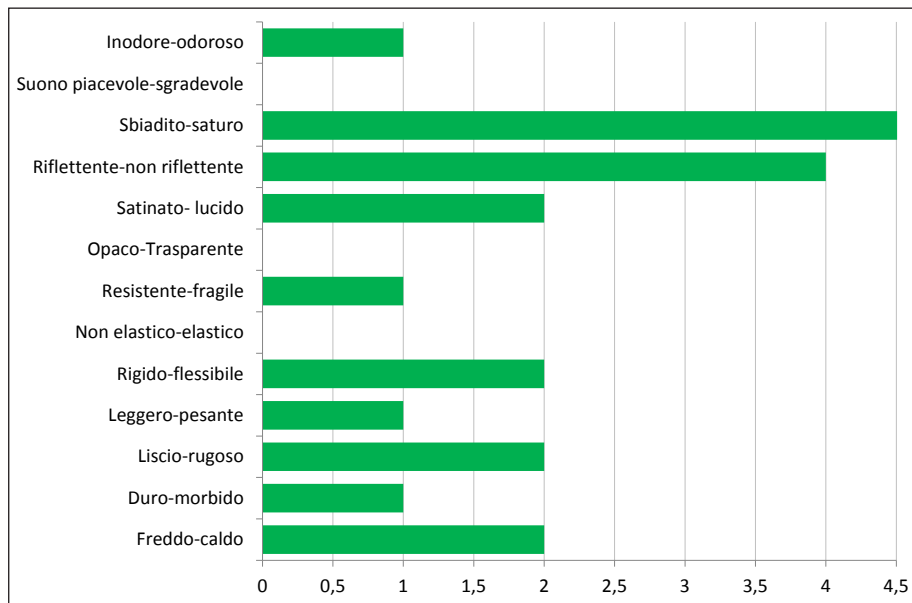


Grafico 82. Correlazione tra variazione di *gioia* e parametri sensoriali.

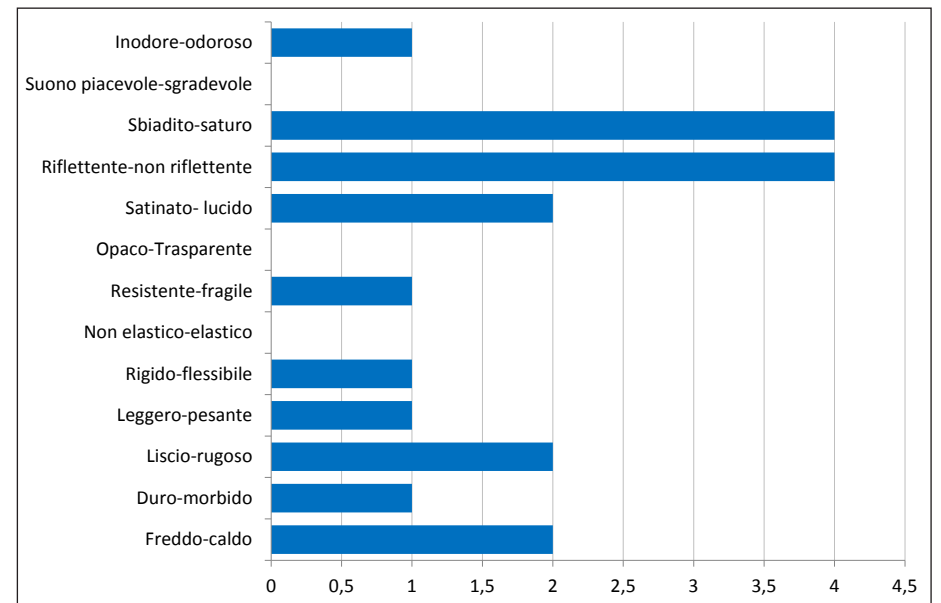


Grafico 84. Correlazione tra variazione di *disgusto* e parametri sensoriali.

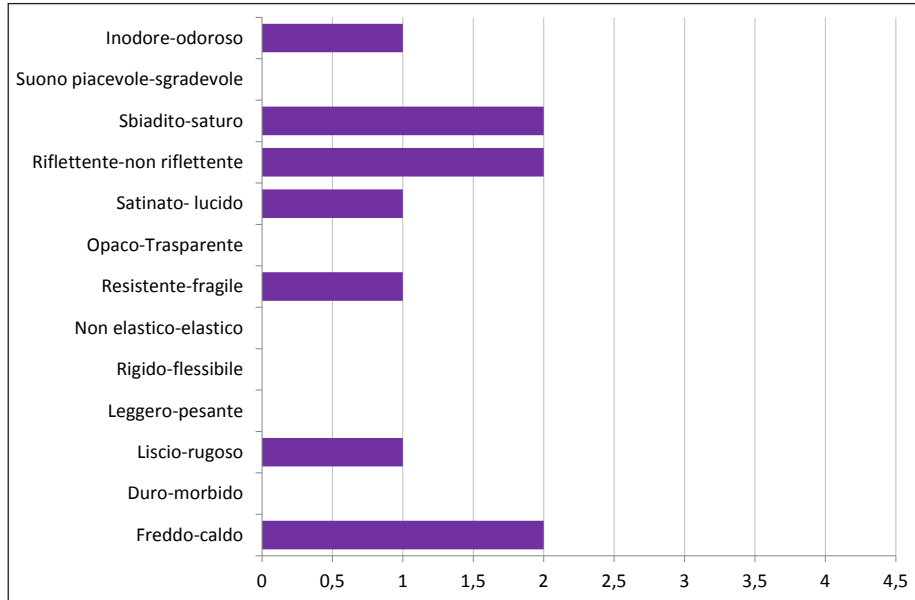


Grafico 85. Correlazione tra variazione di *insoddisfazione* e parametri sensoriali.

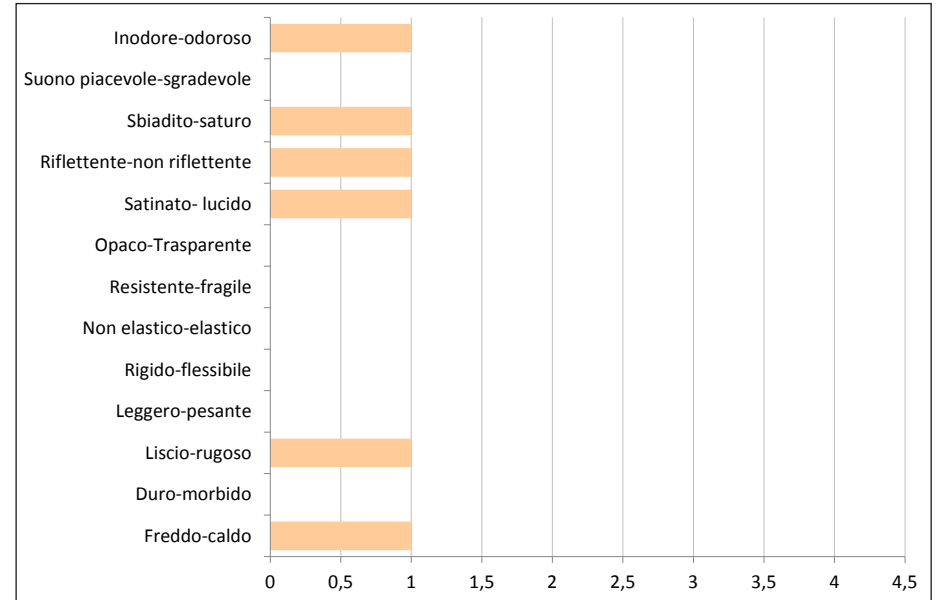


Grafico 87. Correlazione tra variazione di *tristezza* e parametri sensoriali.

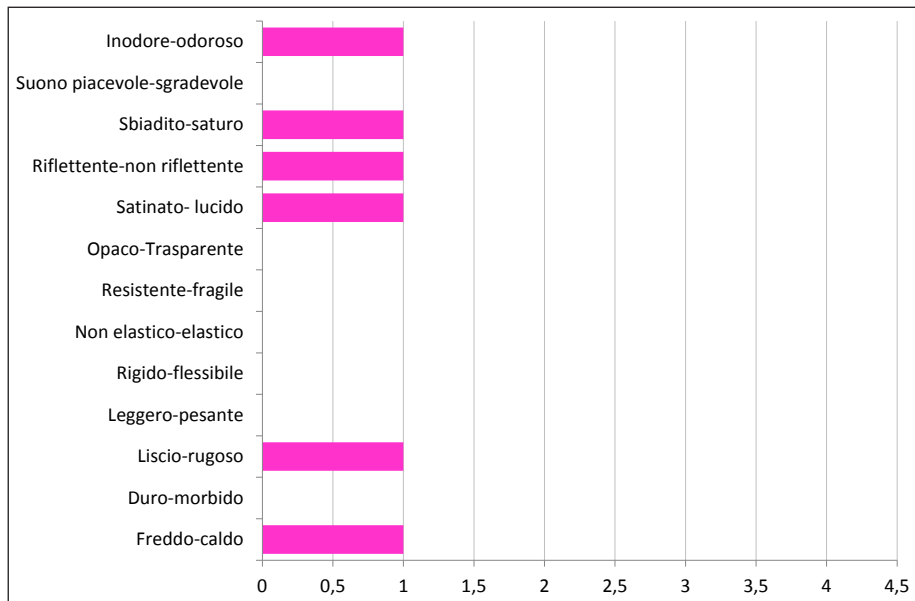


Grafico 86. Correlazione tra variazione di *paura* e parametri sensoriali.

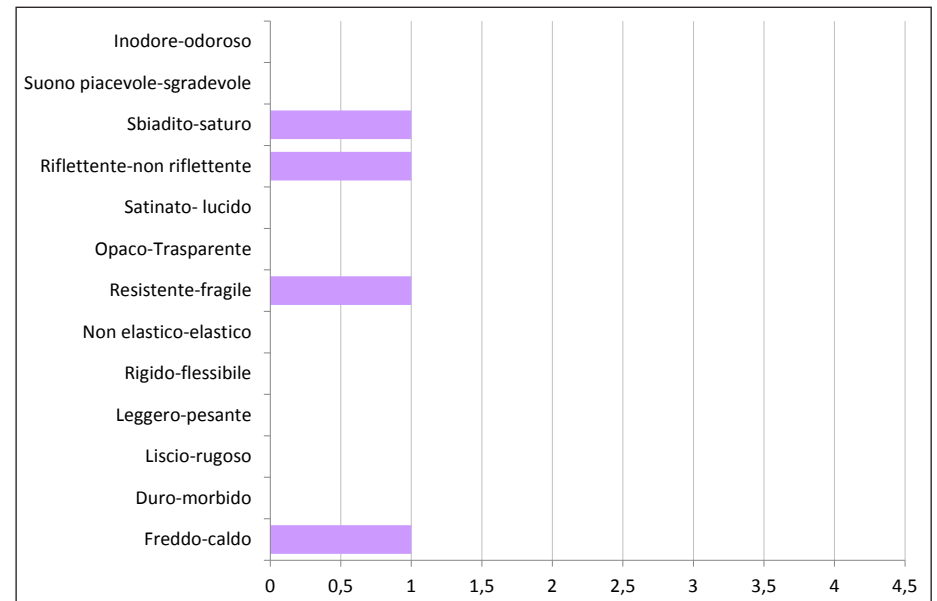


Grafico 88. Correlazione tra variazione di *noia* e parametri sensoriali.

Ringraziamenti

Un doveroso ringraziamento va alla prof. Levi per gli ottimi consigli e l'entusiasmo che ha sempre dimostrato per il mio lavoro.

Grazie al Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica "Giulio Natta" per avermi supportata e sopportata durante la redazione della tesi.

In particolare grazie a Francesca, per la pazienza dimostrata, per le correzioni, per le mail che hanno sempre avuto una risposta, per i preziosi consigli, perché senza di lei non so come sarebbe potuta uscire la mia tesi.

Grazie a tutti i miei compagni di Design & Engineering, perché sono stati due anni davvero speciali. Grazie alla Tizi, alle Ste e alla Vale perché anche vedendoci meno siete rimaste per me un punto fisso. Ma soprattutto grazie a Simo Mauri perché nonostante quello che dico è il "moroso da università" migliore che potevo trovare, grazie a Prea per i viaggi in treno, per le partite a Trivial, per la generosità e per il caso che ci ha fatto pranzare insieme il primo giorno di università, 5 anni fa. Grazie a Filo perché mi risponde sempre male ma alla fine mi aiuta, grazie a Perez perché è l'uomo più impegnato sulla faccia della terra ma ha sempre una parola gentile per tutti. E poi grazie alla Vale, mia amica di sempre, con cui ormai basta un'occhiata per capire che strada prendere. E infine grazie alla Saretta, compagna di avventura in questa tesi invernale, perché è stato un onore per me conoscerti e scoprire finalmente qualcuno rimbambito come me.

Grazie ai ragazzi del coro Boria, perché mi fate riscoprire ogni volta la bellezza del cantare insieme.

Grazie a tutti i ragazzi dell'Assofa (siete troppi e non posso chiamarvi uno per uno), per il legame profondo che ci lega da 10 anni, e nonostante tutte le incomprensioni mi fa capire che lì sono a casa.

Grazie a tutta la mia famiglia, mamma, papà, Alice, Susi, nonnetti, Ceci, Cecco, Marco, Lisa, Leo, Tommi e Paola, agli zii Sibù, Barbara, Luciano, per l'affetto che in questi anni mi hanno sempre saputo dare.

Grazie alla Tizi, a Vitto e alla Miri perché voi siete mia forza.

Grazie agli Ape&Roll Spritz perché è bello ritrovarci e divertirci insieme, nonostante il trash che produciamo.

E poi un grazie enorme va al Lele per tutte le risate che mi fa fare, all'Illa per la sua dolcezza e per le sgolate che ci facciamo cantando *What's Up*, all'Elsa perché è l'elsa e sono troppo felice di averla come amica, a Curè per le telefonate in cui in realtà non deve dire niente ma vuole solo sentirti e ai messaggi senza senso che invia, e ad Ivan perché semplicemente c'è....grazie per l'estate fantastica che abbiamo passato, perché è stata molto occidentale e molto molto divertente...la migliore di sempre...e vi voglio bene.

Grazie ad Ale, che da cinque anni mi sopporta con amore e infinita pazienza, grazie per l'aiuto che mi hai dato, grazie per le foto, grazie per le chiacchierate chilometriche e grazie perché so che si sei, sempre.

E infine grazie a te, Matteo, perché in questi anni ho sempre sentito la tua presenza al mio fianco. Grazie perché mi hai fatto apprezzare la bellezza di ogni istante e grazie perché πάντα ρεί, tutto scorre, ma sono certa che tu resterai per sempre.

