

## ANALISI DI SCENARI PER LA RIMOZIONE DELLA PLANCIA DAI VEICOLI GIUNTI A FINE VITA

P. Citti<sup>a</sup>, M. Pierini<sup>a</sup>, M. Delogu<sup>a</sup>, F. Cappelli<sup>a</sup>

<sup>a</sup> *Dipartimento di Meccanica e Tecnologie Industriali, Università degli Studi di Firenze,  
Via S. Marta, 3 - 50139 Firenze , e-mail: massimo.delogu@unifi.it*

**Parole chiave:** EcoDesign, Direttiva 2000/53/CE, End-of-Life-of-Vehicles, Impatto Ambientale, Design for Recycling, Design for Dismantling.

### Sommario

Negli ultimi anni il trattamento di fine vita degli autoveicoli (End-of-Life-of-Vehicles) è diventato una questione di notevole interesse, che ha recentemente spinto la Comunità Europea a definire specifiche regole per la gestione del loro smaltimento. In questo senso l'emanazione della direttiva 2000/53/CE impone, agli operatori economici coinvolti, di garantire, entro il 2015, il riciclaggio del 85% in massa dei materiali provenienti dagli ELVs. A tal proposito, mentre il riciclaggio delle parti metalliche è ormai una pratica consolidata, il recupero di altri componenti come pneumatici, vetri, paraurti e grandi parti in plastica rappresenta una importante risorsa non ancora sfruttata al meglio per il conseguimento dei suddetti target.

Il presente lavoro tratta lo studio di possibili metodi per la rimozione della plancia dalle autovetture giunte a fine vita, affinché questa possa essere avviata al riciclaggio. Dopo la caratterizzazione della struttura delle attuali plance e l'analisi delle modalità di collegamento con la scocca, sono individuate alcune tecniche di smontaggio. Per ognuna di esse è condotta un'analisi critica per individuare possibili linee guida utili ad una futura progettazione del componente al fine di semplificarne la rimozione.

### Abstract

The End-of-Life of Vehicles (ELV) represents a very important issue that pushed the European committee to define specific rules to manage it. At this proposal, the 2000/53/EC directive imposes to economic operators to attain a reuse and recovery target of 95% for all ELVs by January 2015 and within this, a target of 85% for reuse and recycling. While the recycling of metals coming from ELV is, nowadays, a consolidated activity, the recovery of other components, such as tyres, glasses, bumpers and so on, represents a fundamental potential source, not (yet) considered, to reach the target above.

In the paper a research carried out to characterize all the possible scenarios related to the recovery of the dashboard is presented. Therefore, a deep study focused on the different existing designs and connections with vehicle body is carried out. On this base, some techniques and devices for dismantling are investigated and, following, for which one some

design guidelines useful to favourite the recovery of the component are eventually proposed.

## Introduzione

Come noto, una delle principali cause di inquinamento e sfruttamento delle fonti naturali sono i veicoli da trasporto motorizzati. Questa considerazione è da associare non solo alla fase di produzione ed utilizzo delle autovetture, ma anche a quella di *fine vita*. Ogni anno, infatti, solo in Europa vengono rottamati circa 9 milioni di autoveicoli che generano, a loro volta, circa 10 milioni di tonnellate di rifiuti: questa enorme mole di materiale da smaltire comporta oltre ad un problema ambientale anche uno spreco di risorse.

Per far fronte a tale questione, la Comunità Europea ha deciso di regolamentare il trattamento degli autoveicoli, emanando la direttiva 2000/53/CE [1]. Con questa iniziativa legislativa si coinvolge tutti gli operatori economici, ed in particolare i costruttori automobilistici, nella corretta gestione del ciclo di vita del prodotto e si impone loro di garantire che, entro il 2015, solo il 5% in massa del veicolo finisca in discarica. Il restante 95% dovrà essere sottoposto ad adeguati trattamenti di riciclaggio-reimpiego (85%) e recupero energetico (10%).

Attualmente sono riciclate le parti metalliche che rappresentano circa il 75% della massa dell'auto, mentre il restante 25%, costituito essenzialmente da plastiche, vetro e gomme, è destinato alla discarica.

Come noto, il riciclaggio del metallo è una pratica ormai affermata, mentre quello dei non metalli deve ulteriormente svilupparsi. Tuttavia, è proprio su questo tipo di materiali che è necessario concentrare gli sforzi al fine di ridurre i rifiuti prodotti e, nel contempo, di favorire il conseguimento dei limiti imposti dalla direttiva. In tabella 1 sono riportate le quote dei materiali e dei componenti contenuti in un veicolo a fine vita del 2003 ed una proiezione di quelle che saranno presenti in uno del 2015 [2].

Materiali e componenti	2003 ELV (% in massa)	2015 ELV (% in massa)
Materiale ferroso	68%	66%
Materiali non ferrosi	8%	9%
Pneumatici	3%	3%
Plastica e Process polymers	10%	12%
Vetro	3%	2%
Batterie	1%	1%
Fluidi	2%	2%
Fibre tessili	1%	1%
Gomme	2%	2%
Altri	2%	2%
<b>Totale</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Tab. 1 Materiali e componenti di un veicolo a fine vita nel 2003 e nel 2015 (Fonte GHK/BIOIS)

Come si nota dalla tabella 1 e dalla figura 1, il contenuto della plastica in un veicolo è salito notevolmente in questi anni ed è destinato a crescere ulteriormente in futuro.

Il motivo di ciò è da associare alle importanti proprietà di tale materiale, quali: versatilità, elevato rapporto resistenza meccanica/massa, durata, resistenza agli urti, flessibilità nella progettazione, rispondenza a canoni estetici e di piacevolezza al tatto (*soft touch*), leggerezza. In particolare, questa ultima caratteristica permette di ridurre i consumi di carburante durante la fase di vita: è stato, infatti, stimato che un'auto moderna senza plastica peserebbe più di 1,3 tonnellate (anziché 1,1 tonnellate) portando ad un consumo extra di circa 1000 litri di carburante durante l'arco della fase utile [3].

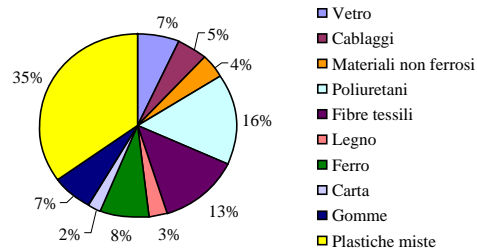


Fig. 1 Plastica ed altri materiali presenti nell'Automotive Shredder Residue (ASR)

Benché la plastica possa apportare vantaggi considerevoli alla fase di concezione ed utilizzo del veicolo, essa costituisce, però, una sorta di ostacolo al rispetto dei limiti sanciti dalla normativa. Le operazioni di identificazione, separazione, reimpiego e riciclaggio sono, infatti, molto più complicate e costose di quelle richieste per i materiali metallici. Comprendere la composizione delle varie plastiche rappresenta il punto di partenza per una valutazione del trattamento da rifiuto più idoneo. Ad oggi esistono quattro principali opzioni per lo smaltimento della plastica.

- *Discarica*: la soluzione, come detto precedentemente, meno adatta. Tutti gli studi effettuati sul trattamento degli ELV, sono concordi nel ritenere la dismissione della plastica in discarica un fenomeno a impatto ambientale fortemente negativo [4]. La tabella di seguito lo conferma.

Discarica	Impatti negativi per tonnellata di plastica
Risparmio/Perdite di energia	Da 200 a 620 MJ
Emissione di gas serra	Da 32,6 a 364 kg CO <sub>2</sub>
Acidificazione dell'aria	Da 0,01 a 1,5 kg SO <sub>2</sub> equivalenti
Ossidazione fotochimica	Da 0 a 1,4 kg di Etilene equivalente
Inquinamento dell'acqua	Da 600 a 47.440 litri inquinati
Eutrofizzazione	Da 3 a 85 kg PO <sub>4</sub>
Rifiuti municipali	1000 kg
Rifiuti pericolosi	nessuno

Tab. 2 Costi ambientali per dismissione in discarica delle plastiche (Fonte: Report CE 2007)

- *Riciclaggio chimico* ("feedstock recycling"): riciclaggio, mediante mezzi chimici, in sostanze di base come monomeri per plastica e idrocarburi; è un "ritorno" alla plastica d'origine, mediante polimerizzazione, o a nuovi prodotti petrolchimici. Ancora in via di sviluppo e potrebbe costituire una valida soluzione per i rifiuti di plastica "misti".
- *Recupero di energia*: i rifiuti di plastica hanno un elevato potere calorifico, paragonabile a quello del carbone e del petrolio. Possono essere, pertanto, inviati a inceneritori o utilizzati come combustibile insieme a quelli tradizionali, in impianti di produzione del cemento o di generazione elettrica.
- *Riciclaggio meccanico*.

### Caratterizzazione della plancia

A differenza di parti come paraurti, serbatoi, copri-cerchi e imbottiture dei sedili, la plancia non rientra nella categoria delle plastiche omogenee in quanto è un elemento multilayer costituito da diverse famiglie di materiali polimerici. Uno degli ostacoli da superare per avviare al riciclaggio questo variegato elemento è la difficoltà di rimuoverlo dalla carcassa dell'auto.

La plancia (Fig. 2) presenta nelle versioni più tradizionali uno strato portante in ABS, talvolta rinforzato in fibre di vetro, uno strato semirigido costituito da poliuretano espanso e da un rivestimento esterno che può essere in PVC, PU o una commistione di ABS/PVC. In alternativa si può trovare una base in ABS e un rivestimento in PVC, senza strati intermedi. Il rivestimento realizzato con il processo Dolphin, ad esempio, presenta la parte strutturale costituita da un blend PBT/ASA caricato di vetro e la pelle esterna in Pibiflex, uno speciale poliestere elastomero facilmente schiumabile.

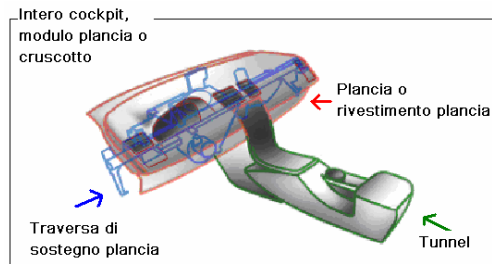


Fig. 2 La plancia di un autoveicolo

Le plance più moderne presentano una struttura di sostegno solitamente realizzata in acciaio (massa 8-15 kg), oppure, in modelli ancora più recenti, in alluminio o magnesio (massa 6 kg circa). In questi ultimi anni, per superare il problema degli elevati costi di questi materiali sono state realizzate strutture ibride; ad esempio, una struttura in metallo e plastica stampati insieme ed un'altra in lega leggera e acciaio [5]. La prima è costituita da una traversa in metallo pressato, che conferisce la rigidità necessaria contro eventuali urti e vibrazioni della colonna dello sterzo, la quale è imbullonata alla struttura della plancia ed al paraframma. Sovrastampato al metallo vi è un primo inserto in plastica, per consentire l'integrazione dei condotti di condizionamento dell'aria, ed un altro per l'installazione degli airbag, dei vani portaoggetti e per il fissaggio degli strumenti di bordo.

Bisogna innanzitutto premettere che vi è una grandissima varietà di modi per fissare la plancia alla struttura dell'auto. Questo è riconducibile al fatto che i cruscotti sono di diversa dimensione, massa e forma ed i componenti installati possono essere molto diversi da auto ad auto. Per motivi di rispondenza ai canoni estetici, gli elementi di collegamento sono quasi sempre nascosti e poco accessibili.

Generalmente, la plancia è vincolata alla scocca mediante viti o bulloni M6 o M8, posizionati in punti diversi: nella parte superiore vicino al parabrezza (spesso sotto gli altoparlanti e le prese d'aria), nella parte inferiore ai lati del componente ed anche nella zona centrale vicino alla console. Si possono trovare installati per orizzontale e per verticale secondo l'asse longitudinale e trasversale dell'auto (Fig. 3). Spesso il collegamento tra plancia e scocca è ottenuto anche mediante staffe e supporti metallici di rinforzo (Fig. 4).

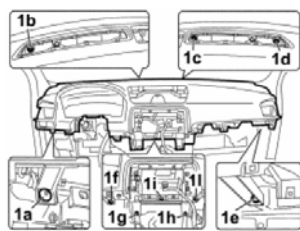


Fig. 3 Collegamenti per il fissaggio di una plancia all'interno della Fiat Croma 2006

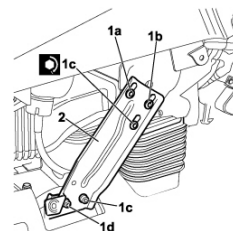


Fig. 4 Staffa di rinforzo (2) tra traversa di sostegno plancia e scocca, collegata da viti M8

Nei modelli con il *tunnel*, questo può essere fissato in vario modo (Fig. 5); solitamente è ancorato alla plancia ed al ponte dell'abitacolo mediante viti M6 ed è fissato alla plancia (parte anteriore) ed al pavimento (parte posteriore e/o anteriore). I componenti interni si possono trovare fissati direttamente al rivestimento oppure, nelle auto di ultima generazione, alla struttura di sostegno plancia. Quelli di maggiori dimensioni come il gruppo di condizionamento ed il convogliatore vengono anche fissati al paraframma con prigionieri di 6 mm di diametro.

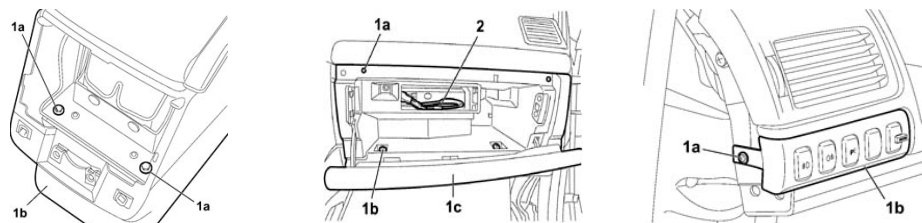


Fig. 5 Da sinistra a destra: viti a testa esagonale M6 per il fissaggio del tunnel; collegamenti (1a, 1b) del gruppo ripostiglio plancia (1c); collegamenti (1a) del gruppo interruttori comando luci esterne (1b)

Interruttori, mascherine e gli accessori più leggeri sono fissati ad incastro alla plancia mediante *snap fit*. Anche i componenti installati sul tunnel ed i moduli stessi che lo compongono usano spesso questo tipo di collegamenti.

### Analisi di possibili scenari per la rimozione della plancia

Il recupero delle parti metalliche da un autoveicolo è, come detto, pari a circa il 75% in massa; si stima che un riciclaggio dei vetri (2,5-3% in massa) e degli pneumatici (3,6% in massa) porterebbe ad avere circa l'81,5% di materiale riciclato. Per conseguire il valore imposto dalla direttiva mancherebbe una quota del 3,5%: contributo che potrebbe provenire, in parte, proprio dal recupero della plancia (Tab. 3).

		Massa (kg)	% in massa relativa al veicolo
<b>Rivestimenti plancia</b>		9	0,9
<b>Intero cockpit</b>	<i>Senza traversa</i>	35	3,6
	<i>Con traversa</i>	40-50	4,1-5,2
<b>Contenuto in plastica della plancia</b>		14-15	1,5-1,6

Tab. 3 Massa dei componenti plancia e contributo in percentuale rispetto alla massa del veicolo

Gli scenari che si presenterebbero a tale fine sono:

- un riciclaggio pari allo 0,9% in massa del veicolo effettuando un *recupero del solo rivestimento* plancia. Questo rappresenta la parte più difficile da riciclare ed è dimostrato che la presenza di PVC e poliuretano, impiegati per aumentare il comfort acustico e conferire proprietà di *soft touch*, possono compromettere la qualità del riciclato.
- Un riciclaggio del 1,6% in massa del veicolo mediante *recupero* dell'intero contenuto in plastica del modulo plancia (*cockpit*), pari a quasi 1/5 di tutte le plastiche impiegate attualmente nelle autovetture.

Al momento, solo Toyota ha sviluppato, grazie ad una progettazione orientata al *Design for Dismantling*, un sistema per la rimozione di tale tipologia di componente; nella maggior parte dei casi la plancia è destinata all'impianto di triturazione insieme alla carcassa

dell'auto, a causa della notevole varietà dei modelli da trattare e degli elevati tempi di lavoro che implicherebbe un suo smontaggio.

Alla luce di quanto sopra, l'attività ha avuto come oggetto la ricerca di possibili soluzioni per estendere il trattamento da rifiuto della plancia su larga scala. Sono state, quindi, individuate alcune possibili tecniche per la rimozione o del rivestimento o di tutto il sistema plancia, al fine non tanto di trovare una soluzione definitiva ed universale all'esteso problema, quanto per approfondire i motivi che complicano tali operazioni.

In prima analisi si è ritenuto necessario fare delle schematizzazioni sulla configurazione del componente che consentissero di ridurre l'ampia variabilità dei modelli a due tipologie:

- *plancia a sbalzo*, la cui conformazione è stata ricondotta a quella di una mensola (esempio, Fiat Multipla);
- *plancia con tunnel*, assimilabile ad una struttura a T fissata anteriormente al parafrangente e posteriormente al pavimento, (esempio, BMW serie 3).

Successivamente, sono state individuate una serie di tecniche di disassemblaggio (alcuni esempi in Figg. 6) che permettessero di intervenire o direttamente sugli elementi di fissaggio (rimuovendo in modo non distruttivo tutti i vincoli e collegamenti) o sul componente (con conseguente rottura dei collegamenti o del materiale intorno ad essi in modo da svincolare la parte da rimuovere).

Ad ogni tecnica è stato poi assegnato un livello di automazione specifico:

- *Livello 0*, per indicare sistemi di rimozione che si avvalgono solo del lavoro manuale di personale specializzato e dotato di adeguate attrezzature.
- *Livello 1*, per sistemi semi-automatizzati in cui al lavoro svolto dal dispositivo deve essere affiancato necessariamente quello di un operatore.
- *Livello 2*, ad indicare quei processi di rimozione automatizzati che si svolgono tramite robot (antropomorfi, cartesiani, sferici, cilindrici, sferici, SCARA) in grado di compiere azioni programmate per l'esecuzione di compiti diversi.

Le varie tecniche sono state, quindi, analizzate criticamente evidenziandone vantaggi e svantaggi ed ipotizzando di calarle in tre diversi scenari temporali di attuazione:

- *scenario a breve termine*: vi sono state incluse quelle tecniche adottabili fin da ora. Considerando una vita media del veicolo pari a 13 anni, si presume che le plance trattate in questo scenario possano essere quelle costruite senza tener conto di un eventuale recupero a fine vita. A fronte di ciò, sono state contemplate principalmente tecniche di rimozione "distruttiva". È stata anche considerata la soluzione già esistente adottata da Toyota, di cui è stata condotta una valutazione finalizzata ad estenderne l'applicazione.
- *Scenario a medio termine*: vi rientrano quelle tecniche applicabili sui veicoli attualmente prodotti per i quali non necessariamente sono state previste a monte soluzioni progettuali per favorire la separazione del componente.
- *Scenario a lungo termine*: vi sono state introdotte quelle tecniche che consentirebbero smontaggi rapidi, efficienti ed in grado di rimuovere la quasi totalità delle plance. Il conseguimento di questi benefici risulta, però, subordinato all'affermazione, in un futuro, della filosofia progettuale del "Design for Dismantling/Disassembly".

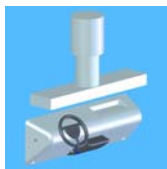


Fig. 6.1 Tranciatura mediante pistone idraulico

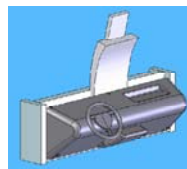


Fig. 6.2 Rimozione mediante cuneo

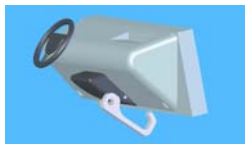


Fig. 6.3 Rimozione mediante gancio o pinza tipo timber handling

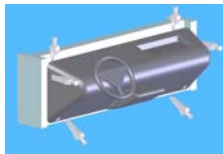
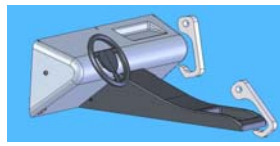


Fig. 6.4 Rimozione mediante cilindri divaricatori

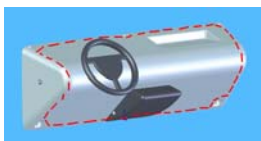
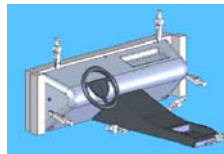


Fig. 6.5 Rimozione mediante taglio del rivestimento intorno ai punti di vincolo



Per ciascuna tecnica presa in esame sono state, in aggiunta, identificate alcune *linee guida* progettuali che sarebbe auspicabile fossero adottate alle plance di nuova generazione per favorirne la rimozione. In Fig. 7 una matrice riassume, in funzione dei diversi scenari temporali e delle specifiche parti da rimuovere (rivestimento od intero cockpit), l'applicabilità delle tecniche esaminate alle due differenti tipologie di plancia.

SCENARIO	STRUTTURA TECNICHE	SOLO RIVESTIMENTO ESTERNO		INTERO COCKPIT	
		Plancia a sbalzo	Plancia con tunnel	Plancia a sbalzo	Plancia con tunnel
BREVE TERMINE	Gancio	X			
	Camma			X*	
	Pistone idraulico			X	
MEDIO TERMINE	Taglio intorno ai collegamenti (smerigliatrice, seghetto alternativo, taglio ad acqua)	X	X		
	Estrattore cuneiforme			X	
	Gancio	X	X		
LUNGO TERMINE	Cilindro divaricatore	X	X	X	X
	Trapano	X	X	X	X
	Taglio dei collegamenti (smerigliatrice, seghetto alternativo)	X	X	X	X

\* per le plance senza traversa di sostegno.

Fig. 7 Matrice di correlazione scenari/tecniche/struttura della plancia

Infine, l'intero studio svolto è stato raccolto in un *abaco*, di cui si riporta un estratto in figura 8, la cui finalità è quella di fornire, attraverso un'analisi comparata fra tipologie di plance, pro e contro delle potenziali tecniche di smontaggio e loro applicabilità, una panoramica completa del problema e di porre le basi per nuovi scenari di sfruttamento delle risorse materiche derivanti dal recupero di tale elemento.

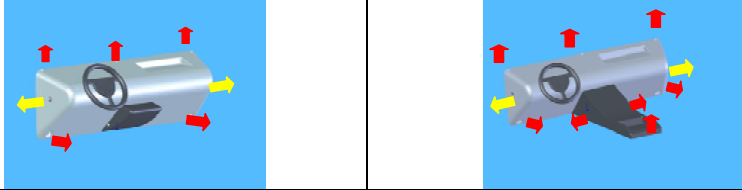
<b>Metodo:</b> Estrazione dei collegamenti		
<b>Strumento:</b> Trapano avvitatore-svitatore		
		
<b>Stato del veicolo:</b> Parabrezza rimosso		
<b>Configurazione della plancia:</b> A sbalzo e con tunnel		
<b>Parte da rimuovere:</b> Rivestimento esterno		
<b>Livello di automazione:</b> 0-2		
	<b>Rimozione rivestimento esterno (plancia a sbalzo)</b>	<b>Rimozione rivestimento esterno (plancia con tunnel)</b>
<b>Vantaggi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- totale integrità della plancia smontata</li> <li>- l'utensile è in grado di effettuare l'estrazione degli elementi di fissaggio in modo semplice e veloce</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- vedi plancia a sbalzo</li> </ul>
<b>Svantaggi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- alti tempi di lavoro (non dovuti all'utensile ma alla configurazione della plancia)</li> <li>- necessità di porre lo strumento coassialmente rispetto all'elemento da svitare</li> <li>- collegamenti non accessibili e nascosti</li> <li>- mancanza di uniformità nei collegamenti adottati che implicherebbe un cambio dell'utensile: testa a brugola, dado, ecc.</li> <li>- alta variabilità nella collocazione dei collegamenti da un modello all'altro di plancia</li> <li>- necessità di un'operazione aggiuntiva per l'estrazione della plancia smontata</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- vedi plancia a sbalzo</li> <li>- maggior numero delle operazioni rispetto al caso della plancia a sbalzo, perché aumenta il numero dei collegamenti</li> <li>- i sedili costituiscono un ingombro in fase di rimozione del tunnel</li> </ul>
<b>Linee guida</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- uniformare e collocare in punti più accessibili i collegamenti</li> <li>- ridurre il numero delle connessioni al minimo indispensabile</li> <li>- marcare i punti in cui vengono installati i collegamenti per facilitarne un loro riconoscimento</li> <li>- fissare i componenti plancia alla traversa e non al rivestimento in modo da "svincolare il modulo"</li> <li>- ricorrere a plancia monolitica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- vedi plancia a sbalzo</li> <li>- ricorrere a tunnel monolitico</li> <li>- facilitare lo smontaggio di elementi che ingombrano (tipo i sedili)</li> </ul>
<b>Parte da rimuovere:</b> Intero cockpit		
<b>Livello di automazione:</b> 0-2		
	<b>Rimozione intero cockpit (plancia a sbalzo)</b>	<b>Rimozione intero cockpit (plancia con tunnel)</b>
<b>Vantaggi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- totale integrità della plancia smontata</li> <li>- diminuzione della variabilità di materiali inviati alla triturazione</li> <li>- applicabile indipendentemente dalla presenza o meno della traversa metallica di sostegno alla plancia</li> <li>- non vi sono elementi (es. sterzo) che ostacolano l'azione dell'utensile o l'estrazione del componente dal veicolo; quindi non sono necessarie operazioni preliminari.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- vedi plancia a sbalzo</li> </ul>
<b>Svantaggi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- alti tempi di esecuzione</li> <li>- collegamenti non accessibili e non visibili</li> <li>- vengono impiegati diversi tipi di collegamento che implicherebbero un cambio dell'utensile: testa a brugola, dado, ecc.</li> <li>- necessità di operazioni successive per separare i materiali</li> <li>- necessità di un'operazione aggiuntiva per l'estrazione della plancia smontata</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- vedi plancia a sbalzo</li> <li>- maggior numero di operazioni per rimozione del tunnel</li> <li>- i sedili costituiscono un ingombro in fase di rimozione del tunnel</li> <li>- possibile necessità di un minor ingombro dell'utensile per la rimozione del tunnel</li> </ul>
<b>Linee guida</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- rendere accessibili i collegamenti</li> <li>- diminuire numero e tipo di collegamenti (standardizzazione)</li> <li>- fissare il rivestimento plancia solo alla struttura metallica di sostegno e non alla scocca in modo tale da poter agire solo sugli elementi che vincolano la traversa</li> <li>- marcare i punti in cui sono collocati gli elementi da svitare in modo da favorirne l'identificazione</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- vedi plancia a sbalzo</li> <li>- ricorrere a tunnel monolitico</li> <li>- facilitare lo smontaggio di elementi che ingombrano (tipo i sedili)</li> </ul>
<b>Collocazione temporale:</b> Lungo termine		
<p><b>Commento:</b> attualmente sussistono rilevanti limiti di applicabilità di tale metodo in quanto si avrebbero elevati tempi di lavoro e problemi legati all'ingombro dell'utensile. Pertanto si ritiene che questa tecnologia possa costituire una valida soluzione per il futuro solo a fronte, però, di maggiori sforzi in fase di progettazione rivolti ad una standardizzazione dei collegamenti e ad una loro maggiore accessibilità. Riducendo il numero degli elementi di fissaggio e collocandoli in punti in cui non risulti ostacolata l'azione dello strumento (ad esempio nella parte laterale del cruscotto, vicino alla cerniera degli sportelli), si possono ottenere tempi di disassemblaggio notevolmente ridotti. L'utensile, infatti, è in grado di svitare i collegamenti in modo rapido. Questo sistema favorisce anche successive operazioni di selezione e separazione dei diversi materiali in quanto la plancia viene rimossa in modo del tutto integro; analogamente alle tecnologie di taglio con smerigliatrice o seghetto alternativo, si conclude che questo metodo debba essere adottato per la rimozione dell'intero cockpit in modo da massimizzare la gamma di materiali recuperabili dalla carcassa dell'auto.</p>		

Fig. 8 Estratto dell'abaco realizzato per ciascuna tecnica di rimozione della plancia



## Considerazioni di carattere progettuale

Sulla base dell'analisi condotta si ritiene che gli interventi da compiere in fase di progettazione dovrebbero insistere soprattutto su tre aspetti: scelta dei materiali, sistemi di collegamento, configurazione del componente.

*Scelta dei materiali* - La varietà dei materiali che compongono la plancia costituisce un notevole ostacolo per il riciclaggio di tale componente. Il problema è da associare alla sua configurazione multilayer ed alla presenza di un gran numero di strumentazioni elettriche ed elettroniche che ampliano la gamma dei materiali contenuti. La presenza di polimeri appartenenti a diverse famiglie chimiche e spesso incompatibili provoca un decadimento delle proprietà meccaniche al momento del processamento: è opportuno, pertanto, eliminare soprattutto quei materiali come PVC e PU, che riducono la possibilità di ottenere materiale riciclato adatto per essere riutilizzato [6]. Le plance mono-materiale in polipropilene (PP) costituiscono una valida alternativa a quelle multilayer in quanto tale polimero termoplastico presenta buone proprietà meccaniche ed è facilmente riciclabile. Molte case costruttrici, ad esempio Nissan e Renault, stanno sempre più adottando questo polimero per la realizzazione di una plancia mono-materiale.

*Sistemi di collegamento* - Per il sistema plancia, il passo più importante da fare verso una semplificazione del disassemblaggio, è quello di cambiare il modo in cui questa è vincolata alla struttura. Una progettazione finalizzata a collocare gli elementi di fissaggio in punti accessibili, offrirebbe la possibilità di compiere un'azione diretta su di essi. Di conseguenza la plancia o l'intero modulo sarebbe rimovibile in modo integro con benefici anche per la separazione dei vari materiali ed elementi contenuti al suo interno. Una possibile soluzione potrebbe essere data da una disposizione degli elementi di vincolo ai lati del cruscotto, ad esempio vicino alle cerniere degli sportelli, in modo da ottenere smontaggi rapidi a sportelli aperti (Fig. 9).

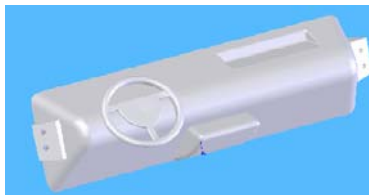


Fig. 9 Schematizzazione di una possibile soluzione per la disposizione dei collegamenti

Attualmente sia il rivestimento che la traversa sono fissati alla struttura dell'auto attraverso un gran numero di elementi. Pertanto, un'altra iniziativa attuabile è la riduzione del numero di viti e bulloni al minimo indispensabile. Si ritiene che questo si possa mettere in pratica o mediante il fissaggio alla scocca della sola struttura di sostegno (ormai sempre più presente nelle auto moderne) e non anche del modulo o attraverso *snap fit* che possono assolvere le medesime funzioni di viti, bulloni e di altri tipi di collegamenti. Un modo ulteriore per ridurre i tempi di rimozione, può essere la standardizzazione delle connessioni. All'interno della medesima plancia si possono trovare impiegati tipi diversi di collegamenti. Maggiori sforzi in fase di progettazione volti a uniformare l'accoppiamento delle parti tramite viti o bulloni dello stesso tipo, estenderebbero il campo applicativo alle tecniche che fanno uso di svitatori. Un'altra strada da perseguire sarebbe quella della "mono-direzionalità dei collegamenti", per agevolare eventuali operazioni di smontaggio manuale.

*Configurazione del componente* - E' emerso che per tutte le tecniche di rimozione del solo rivestimento esterno, è necessario che questo sia monolitico, contrariamente alla tendenza degli ultimi anni da parte di case costruttrici o produttori di sviluppare plance modulari. Per

alcune tecniche è stata evidenziata la necessità di creare all'interno del modulo plancia e del tunnel spazi adibiti ad un aggancio o ad un'intrusione da parte dell'utensile. Un sistema potrebbe essere quello di creare sulla parte inferiore dei cruscotti un punto "strategico" per l'afferraggio; in alternativa si potrebbe distanziare la traversa dal parafrangimento in modo da favorire l'inserimento di una camma o di un cilindro divaricatore. Rilevanti benefici si otterrebbero anche da una riduzione del numero di elementi interni al cruscotto. La scelta di componenti multifunzione rappresenta, in tal senso, una valida soluzione per semplificare il recupero della plancia e ridurre la gamma di materiali da trattare per un riciclaggio.

### **Conclusioni**

Nel presente lavoro è stato affrontato il problema della rimozione della plancia dai veicoli a fine vita allo scopo di avviarla al trattamento di riciclaggio. Il recupero di questo elemento consentirebbe di raggiungere traguardi importanti in termini di avvicinamento alla direttiva ELV (data la sua rilevante massa e l'ampia gamma di materiali contenuti) e di riduzione dei rifiuti prodotti. Da un'analisi dello stato dell'arte del componente e della sua rimozione, è emerso che la maggior parte delle plance attuali non si prestano ad un disassemblaggio efficiente. Sono state, quindi, proposte una serie di tecniche che favoriscono una rimozione del solo rivestimento plancia e/o dell'intero cockpit, ipotizzando, per ciascuna di esse, scenari temporali di applicabilità. Per ognuna delle soluzioni presentate è stata condotta un'analisi critica finalizzata ad individuarne vantaggi, svantaggi e possibili linee guida da seguire in fase di design con l'intento di incrementare l'applicabilità di ciascuna tecnica su larga scala. I risultati della ricerca svolta sono stati, infine, raccolti in un *abaco* con l'obiettivo di fornire un panorama completo sui possibili scenari di recupero di tale componente e sulla conseguente possibilità di riciclaggio dei materiali di cui è costituito.

*Acknowledgements: si ringrazia l'ing. Fabio Baldanzini per il prezioso contributo fornito all'attività oggetto della presente memoria.*

### **Bibliografia**

- [1] – The European Parliament and the council, *Directive 2000/53/EC on end-of life vehicles*, Official Journal of the European Communities, L 269/34 (2000).
- [2] – GHK/BIOIS: *A study to examine the benefits of the End of Life Vehicles Directive and the costs and benefits of a revision of the 2015 targets for recycling, re-use and recovery under the ELV Directive*, Final Report to DG Environment, (2006).
- [3] – Association of Plastics Manufacture in Europe: *Recovery options for plastic parts from end-of-life vehicle – An eco-efficiency assessment*, APME, Summary Report (2003).
- [4] – Commission Staff Working Document: *Report from the Commission to the council and the European Parliament on the targets contained in directive 2000/53/EC on end of life vehicle*, (2007).
- [5] – Ford Motor Co.: *Hybrid plastic-metal front-end for Ford*, Advanced Composites Bulletin, (2004).
- [6] – G. Ragosta, P. Musto, E. Martuscelli, P. Russo, L. Zenoni: *Recycling of a plastic car component having a multilayer structure: Morphological and mechanical analysis*, Journal of Materials Science, vol. 36, no. 5, pp. 1231-1241 (2001).