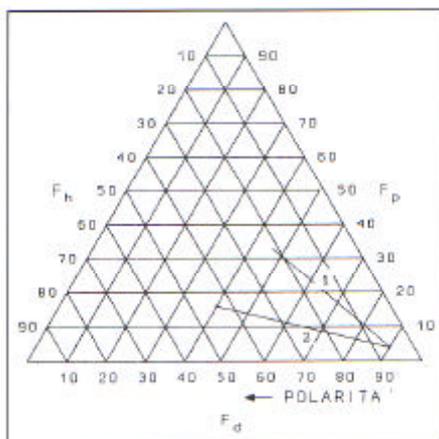


Università' Degli Studi Di Roma "La Sapienza"
Corso di Laurea Specialistica in
Scienze Applicate ai Beni Culturali ed alla Diagnostica per la loro Conservazione
Indirizzo delle metodologie chimiche
A.A. 2003-2004

Esame di laboratorio di chimica del restauro
Dr.sa M.P. Sammartino
Dr. G. Favero
Dr. G. Visco

***Scelta e selezione dei solventi per la pulitura di superfici pittoriche, test
alternativi al "test di Feller" nei BB.CC.***

Studentessa: Francesca Cecere



Il test di Solubilità di Wolbers

Test di solubilità

Affrontare il tema dei test di solubilità comporta necessariamente il dover introdurre una panoramica generale sui protagonisti principali di tali test: **I SOLVENTI ORGANICI**.

Da sempre infatti i solventi organici rappresentano, per le loro caratteristiche, i prodotti a cui ricorrere maggiormente per la pulitura di opere policrome.

Lo scopo di questa tesina pertanto è quello di riportare i maggiori studi effettuati su come sfruttare appieno le proprietà di tali prodotti e su come far fronte, invece, al loro primario handicap: *la tossicità*.

Tra le caratteristiche principali troviamo:

?? **EVAPORAZIONE:** fenomeno fisico che riguarda il passaggio dallo stato liquido allo stato di vapore. Un solvente dovrebbe avere una velocità di evaporazione adatta al compito da svolgere. Nella pulitura dei dipinti, ad esempio, se un solvente evapora troppo velocemente non si riesce ad ammorbidire gli strati di vernice ossidata e a rimuoverli prima che il solvente evapori. Al contrario se l'evaporazione è troppo lenta il solvente può ammorbidire anche lo strato originale. Inoltre un solvente che evapora lentamente lascia la superficie del dipinto umida, favorendo quindi l'adesione della polvere.

La velocità di evaporazione può essere valutata conoscendo la tensione di vapore del solvente a temperatura ambiente. I solventi con tensione di vapore tra 2 e 5 mm Hg a temperatura ambiente sono i più consigliati per le operazioni di restauro. Un intervallo più ampio per le operazioni di conservazione in generale può essere considerato quello che va da 1 a 20 mm Hg [1]. Altre indicazioni utili possono essere ricavate dal punto di ebollizione, i solventi a base di idrocarburi che bollono tra i 130°C e i 170° sembrano essere i più adatti ad operazioni di restauro. Ricapitolando quindi la volatilità di un liquido aumenta con l'aumentare della tensione di vapore e con il diminuire del punto di ebollizione. In base alla "velocità di evaporazione" è stato possibile associare al solvente più volatile, l'Etere Etilico, il valore uno, da questo poi sono stati misurati i tempi impiegati da quantità uguali di solventi diversi.

?? **DIFFUSIONE:** capacità di un liquido di penetrare in un mezzo [2]. La velocità di diffusione aumenta con l'aumentare della Tensione Superficiale e con il diminuire della Viscosità, inoltre più un liquido è penetrante e più è scarso il suo potere bagnante. Un buon solvente deve avere buon potere bagnante e scarsa penetrazione; queste due caratteristiche sono soddisfatte da una tensione superficiale bassa.

?? **RITENZIONE:** combinazione di evaporazione e ritenzione. Una volta applicato il solvente sulla superficie dell'opera, una parte di esso penetra all'interno, un'altra parte evapora.

Ripetiamo quindi che in sede di restauro è importante sapere se un solvente viene ritenuto negli strati più interni, in quanto è necessario controllare che il solvente solubilizzi solo lo strato più esterno (quello da pulire) senza intaccare pertanto quelli sottostanti. A tale proposito è importante riportare il contributo di L. *Masschelein Kleiner* [3] che ha misurato per un certo numero di solventi le Curve di Evaporazione/Ritenzione. Sono stati preparati dei frammenti di un dipinto di forma standard sui quali sono stati posti 20 mg di solvente, tramite un'iniziale e successive pesate si è potuto controllare la quantità di solvente in funzione del tempo.

?? **TOSSICITÀ E INFIAMMABILITÀ:** Molti solventi sono tossici e una prolungata esposizione ai vapori può causare avvelenamenti. La pericolosità di un solvente viene valutata in base al valore della massima concentrazione accettabile nell'aria (Threshold limit, TL). Questa concentrazione viene espressa in parti per milione. Una cifra bassa, es. sotto i 25 p.p.m, indica una alta tossicità, una cifra tra i 25 e i 100 p.p.m. corrisponde a un livello tossico medio, mentre tra 100 e 1000 p.p.m. si trovano solventi a bassa tossicità. L'infiammabilità viene valutata misurando il *punto di infiammabilità* di un solvente (flash point) che corrisponde alla temperatura in cui i vapori di solvente mescolati ad aria possono infiammarsi se vengono a contatto con una fiamma o scintilla. Se il punto di infiammabilità è al di sotto della temperatura ambiente, o di poco al di sopra, vanno prese misure anti incendio. Spesso si ignora che il fuoco inizia generalmente nella fase vapore e non in quella liquida. Pertanto quando viene utilizzato un solvente volatile e l'aria inizia a saturarsi di vapori di solvente, una semplice scintilla può infiammare l'aria anche lontano dal liquido infiammabile [1].

?? **POTERE SOLVENTE:** capacità di un solvente a sciogliere un soluto (sostanza solida) per formare una soluzione. Un solido viene disciolto in un liquido se tutti gli atomi o molecole costituenti sono separati e dispersi dalle molecole del liquido [1].

Le molecole del liquido, per potersi interporre tra gli atomi o le molecole del solido, devono rompere i legami chimici o le forze di attrazione molecolare esistenti tra di essi. Per poter far ciò le molecole del liquido devono essere attratte dalle particelle del solido.

In sede di restauro ci troviamo di fronte a sostanze filmogene costituite da grandi molecole, in questo caso è difficile ottenere una completa solubilizzazione, l'effetto ottenuto sarà quello di parziale dissoluzione o semplice rigonfiamento.

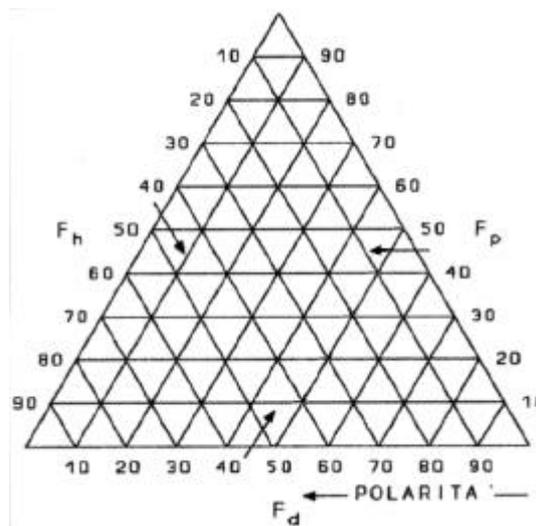
In generale vale la regola che un solido è disciolto da un liquido molto simile in polarità al solido stesso. In altre parole, quindi, le molecole all'interno del liquido e del solido dovrebbero avere tra loro, per produrre una soluzione, lo stesso tipo di attrazione che esiste tra le molecole (o atomi nei cristalli) del solido.

Il triangolo delle proprietà

Per prevedere quali solventi possano essere utili nei diversi casi occorre classificare tutti i solventi ed i solidi che ci interessano in base alle forze molecolari di attrazione che esistono al loro interno. La maggior parte dei solidi di un certo interesse nel restauro di opere d'arte è di natura molecolare e il loro comportamento verso i solventi può essere definito mediante tre tipi di forze di attrazione molecolare descritte da Paolo Cremonesi [2] secondo quanto segue:

- ✍ **Forze di tipo Polare:** le quali richiedono la presenza di gruppi polari nelle molecole, e si dividono in *forze di orientazione* (dipolo-dipolo), che richiedono la polarità di entrambe le molecole, e *forze di induzione* (dipolo-dipolo indotto), alle quali basta la polarità di una sola molecola.
- ✍ **Forze di Legame a Idrogeno:** le quali si instaurano tra un atomo di idrogeno legato ad un atomo molto elettronegativo e un altro atomo avente un doppietto di elettroni libero.
- ✍ **Forze di tipo Apolare/Forze di Dispersione:** le quali esistono tra tutte le coppie adiacenti di atomi o molecole, quindi anche nelle molecole polari, e sono causate dalla rotazione degli elettroni che generano un campo magnetico, il quale a sua volta è in grado di polarizzare elettroni a breve distanza.

I tre tipi di forze di attrazione sono stati calcolati per quanto riguarda i solventi. Questo ci permette di rappresentare tutti i solventi e le loro miscele in un diagramma a forma di triangolo che indica graficamente con f_d le Forze di dispersione, con f_p quelle Polari e con f_h quelle di Legame a Idrogeno. In tabella sono riportati i tre parametri per un certo numero di solventi, per ogni solvente la somma dei valori dei tre parametri è uguale a 100.



Ogni lato del cosiddetto *Triangolo delle Solubilità* (o triangolo di Teas) rappresenta il valore di un singolo parametro che può andare da 0 a 100 (è quindi un triangolo equilatero): l'asse orizzontale rappresenta f_d , il lato obliquo a destra f_p , e il lato obliquo a sinistra f_h . Dal momento che ogni solvente occupa un posto ben definito all'interno del triangolo è possibile stabilire delle zone in cui ci troviamo: in basso a destra la presenza dei solventi apolari (massimo valore di f_d), a mano a mano che ci si sposta verso l'alto e a sinistra solventi caratterizzati da una maggiore polarità, e verso il basso a sinistra un maggior contributo delle Forze di Legame a Idrogeno.

solvente	f_d	f_p	f_h
1. Alcool Metilico	30	22	48
2. Alcool Etilico	36	18	46
3. <i>n</i> -Propanolo	40	16	44
4. <i>n</i> -Butanolo	43	15	42
5. Alcool <i>n</i> -Amilico	46	13	41
6. Alcool Benzilico	48	16	36
7. Cicloesano	50	12	38
8. Etilenglicole	30	18	52
9. Glicerolo	25	23	52
10. Butilcellosolve	46	18	36
11. Cellosolve	42	20	38
12. Diacetonalcol	45	24	31
13. Cellosolve acetato	51	15	34
14. Metilcellosolve	39	22	39
15. N,N-Dimetilformammide	41	32	27
16. Dimetilsolfossido	41	36	23
17. Acetone	47	32	21
18. Etilmetilchetone	53	30	17 ^(*)
19. Dietilchetone	56	27	17
20. Isobutilmetilchetone	58	22	20
21. Isoamilmetilchetone	62	20	18
22. Diisobutilchetone	67	16	17
23. Metilacetato	45	36	19
24. Etilacetato	51	18	31
25. <i>n</i> -Propilacetato	57	15	28
26. <i>n</i> -Butilacetato	60	13	27
27. Isobutilacetato	60	15	25
28. Isoamilacetato	60	12	28
29. Etanolammina	31	29	40
30. N-Metil-2-pirrolidone	48	32	20
31. Morfolina	57	15	28
32. Piridina	56	26	18
33. <i>n</i> -Butilammina	59	14	27
34. Carbonio tetracloruro	85	2	13
35. Metilencloruro	59	21	20
36. Cloroformio	67	12	21
37. Tricloroetilene	68	12	20
38. Clorotene	70	19	11
39. Dipentene	75	20	5
40. Essenza di Trementina	77	18	5
41. Benzene	78	8	14
42. Toluene	80	7	13
43. Xileni	83	5	12
44. Cicloesano	96	1	3
45. <i>Mineral Spirits</i>	90	4	6
46. <i>n</i> -Esano	100	0	0
47. Acqua	18	28	54
48. Acido acetico	40	19	41 ^(*)
49. Acido formico	33	20	47 ^(*)
50. Formammide	28	42	30

L'importanza del Triangolo di Solubilità può essere riscontrata nell'immediatezza visiva della rappresentazione non solo dei singoli solventi ma anche delle loro miscele.

Due liquidi sono miscibili quando mescolati insieme formano un'unica fase liquida, la loro separazione, quindi, diviene invisibile. Nei casi, invece, in cui le due fasi liquide non sono miscibili la sospensione non è stabile; pertanto non appena l'azione meccanica di mescolamento viene interrotta i liquidi si separano nuovamente.

Nel determinare i parametri di solubilità di una miscela di due solventi è possibile procedere attraverso due metodi: uno grafico e un altro matematico. Nel primo una volta identificati all'interno del triangolo i due solventi (miscele binarie), si divide in dieci parti uguali la retta che li unisce e si trova il punto corrispondente alla percentuale dei due componenti.

Nel secondo metodo, invece, i tre parametri vengono moltiplicati per la percentuale del solvente corrispondente; i valori così ottenuti sono quindi sommati per ottenere quelli della miscela finale. La somma dei tre parametri della miscela deve risultare uguale a 100.

Se consideriamo i materiali solidi è possibile ricavare dei diagrammi approssimati di solubilità. Si utilizzano diversi solventi che vengono rappresentati nel Triangolo con segni differenti a seconda che disciolgano o no il materiale. Alla fine, unendo tra loro i vari punti che rappresentano i solventi efficaci, si ottengono delle aree che identificano la solubilità del materiale; maggiore è il numero di punti e maggiore è la precisione della zona delineata. In questo modo, conoscendo la zona di solubilità di un certo materiale, è possibile prevedere se un solvente sarà in grado di svolgere la sua azione di solubilizzazione.

Effetto chimico e fisico

È importante però ricordare che il Triangolo delle Solubilità non tiene conto del pH, e quindi dell'azione solvente che un acido o una base possono svolgere sul materiale. Questo perché la dissoluzione è un processo fisico, mentre le modificazioni indotte da un solvente acido o basico sono fenomeni chimici, che coinvolgono, perciò, la rottura o la formazione di legami.

I solventi che agiscono attraverso un processo solo fisico sono i *Solventi Organici Neutri* e rappresentano il primo approccio per la pulitura di un'opera policroma. Se non si riscontrano risultati positivi significa che la solubilizzazione di quel materiale non può avvenire attraverso un meccanismo di tipo fisico, pertanto si dovrà ricorrere a solventi che svolgano un'azione chimica, rientrano in tale categoria i *Solventi Dipolari Aprotici*, costituiti da molecole fortemente polarizzate (a due poli) [2]. I principali sono: la N,N-Dimetilformammide o DMF, il Dimetilsolfossido o DMSO e il N-Metil-2-pirrolidinone. Apparentemente questi solventi agiscono in modo più forte rispetto alla loro polarità effettiva proprio perché, pur essendo neutri, svolgono anche un'azione ionizzante e dissociante. Nel processo chimico di ionizzazione, da parte di un solvente molto polare,

si forma una “coppia ionica intima”, dove gli ioni sono tenuti saldamente a contatto dalle forze elettrostatiche di attrazione tra le opposte cariche. Per separare questi ioni occorrono solventi le cui molecole siano riescano a “schermare” parzialmente la cariche elettrostatiche degli ioni, mantenendoli separati (generalmente sono gli acidi, le basi o i solventi neutri fortemente polari che svolgono tale azione). Questa capacità aumenta all’aumentare della costante dielettrica ϵ . Un Solvente Dipolare Aprotico deve essere diluito solo con solventi aprotici proprio per mantenere un buon potere solvente, in quanto se si usasse un solvente polare si avrebbe competizione tra la ionizzazione del solvente e quella del substrato da parte del solvente dipolare.

Nel caso di materiali idrofili, oltre a tali solventi, è possibile ricorrere anche all’*acqua*: caratterizzata da una molecola Dipolare che le permette di svolgere, oltre ad una azione fisica, anche una chimica (ionizzazione), mentre la capacità dissociante le viene conferita dal valore della Costante Dielettrica elevato (80).

Se nessuna di queste tre possibilità hanno avuto un buon esito si dovrà ricorrere a sostanze acide o alcaline, si tratterà allora di determinare un valore di pH a cui quel materiale possa essere disciolto [2]. Anche gli acidi e le basi sono riportati nel Triangolo di Solubilità, ma solo per il loro potere solvente, non per la loro acidità o basicità. L’azione svolta da tali sostanze è quindi un’azione chimica di dissociazione: un Acido, in soluzione acquosa si dissocia liberando ioni H^+ i quali reagiscono con gruppi basici salificandoli (producendo ione positivo), mentre una Base libera ioni OH^- che a loro volta ionizzano gruppi acidi salificandoli in forma di ioni negativi. Essendo specie cariche, gli ioni sono più solubili in un mezzo polare come l’acqua che inoltre ha un’alta Costante Dielettrica, capace quindi di mantenere separati gli ioni formati.

Test di Feller e prove di rimozione

Dopo una breve descrizione dei possibili solventi da utilizzare torniamo ai primi che avevamo preso in considerazione: *i Solventi Organici Neutri*. Il termine neutri si riferisce al fatto che tali solventi, polari o apolari, non hanno caratteristiche acide o basiche. Tra i più comuni, in sede di restauro, troviamo: gli Idrocarburi, gli Idrocarburi clorurati, gli Esteri, i Chetoni, gli Eteri, e gli Alcoli; tutti questi svolgono un’azione fisica nei confronti del materiale da sciogliere, che coinvolge solo i legami inter-molecolari, e non quelli intra-molecolari. Per poter rompere le forze di attrazione tra le molecole del materiale è necessario che quest’ultimo e il solvente, da utilizzare, abbiano polarità simile (il simile scioglie il simile). È necessario, quindi, non solo conoscere la polarità del solvente ma anche quella del materiale da solubilizzare. Dati gli ingenti costi di un’azione diagnostica si dovrà procedere tramite delle prove con singoli solventi o miscele di questi, possibilmente tramite un approccio “scientifico” incarnato essenzialmente nel **Test di Solubilità per le vernici di Feller** (1972). Il test prende in considerazione solo uno dei tre Parametri di Solubilità: f_d , per determinare, con delle miscele standard a polarità nota, il valore f_d

necessario per solubilizzare la vernice. In base a tale valore si scelgono poi dei solventi, o una miscela, per effettuare l'intera operazione di pulitura. Vengono utilizzati, per la pulitura, solventi diversi da quelli del test, essenzialmente per la tossicità di uno tra in questione: il Toluene. Le tredici miscele, infatti, sono costituite dal Cicloesano, dal Toluene e dall'Acetone nelle proporzioni riportate in tabella (i dati sono quelli mostrati da Paolo Cremonesi [2], il quale ha aggiunto due valori: f_d 60 e f_d 52, alle undici originali miscele di Feller, per migliorare l'accuratezza).

Miscela n°	f_d miscela	% in volume di		
		Cicloesano	Toluene	Acetone
1	96	100	0	0
2	92	75	25	0
3	88	50	50	0
4	84	25	75	0
5	80	0	100	0
6	76	0	87.5	12.5
7	72	0	75	25
8	68	0	62.5	37.5
9	64	0	50	50
10	60	0	37.5	62.5
11	56	0	25	75
12	52	0	12.5	87.5
13	47	0	0	100

Le prove di rimozione si effettuano su piccole zone omogenee del dipinto partendo dalla miscela a minima polarità, la n°1, e passando alle successive fino a trovarne una che solubilizzi la vernice. Trovato così il valore f_d occorre un solvente a bassa tossicità avente tale valore, se non ne esiste alcuno si dovrà ricorrere ad una miscela appositamente costruita, prendendo il valore f_d di due solventi, uno più alto e uno più basso del valore in questione, e risolvendo una equazione a due incognite. Ad esempio se il valore trovato dal test è 68, e si sono scelti come solventi per la pulitura la Ligroina, f_d 67, e l'Etilacetato, f_d 51. L'equazione per sapere in che rapporto volumetrico miscelarli verrà impostata in questo modo:

$$\begin{aligned} 97X+51Y &= 68 \\ X+Y &= 1 \end{aligned}$$

Dalla seconda ricaviamo

$$X=1-Y$$

E lo sostituiamo nella prima equazione

$$\begin{aligned} 97(1-Y) + 51Y &= 68 \\ 97-97Y+51Y &= 68 \\ -46Y &= -29 \\ Y &= 0.63 \end{aligned}$$

Sostituendo a $X=1-Y$ si avrà

$$X=0.37$$

I valori di X e Y rappresentano, quindi, le percentuali di Ligroina (37%) e Etilacetato (63%) necessarie per procedere con l'operazione di pulitura.

Nella scelta dei solventi si deve tenere conto, oltre che della tossicità, anche della volatilità, delle ritenzioni, della stabilità chimica (un buon solvente deve avere un buon potere bagnante, bassa penetrazione e bassa ritenzione) e degli altri due parametri, f_p e f_h .

Ricordiamo inoltre che più una vernice invecchia e più si ossida; per la pulitura, quindi, sarà necessario un solvente con polarità alta (valore di f_d basso).

Per ottenere risultati più precisi, soprattutto per le miscele a tre componenti, oggi viene utilizzato anche un software: il *Triansol*.

Altri test di rimozione

Quello di Feller, dunque, è il test più conosciuto e più utilizzato dai restauratori, ma non è l'unico; Figure importanti come L. Masschelein Kleiner, R. Wolbers e Paolo Cremonesi hanno dato un notevole contributo nella scelta di miscele di solventi tenendo conto della tossicità del Toluene, utilizzato nel Test di Feller, e del fatto che quest'ultimo comprenda una zona limitata del Triangolo di Solubilità (valori di f_d compresi tra 96 e 47).

L. Masschelein Kleiner, in "*Les Solvants*" [3], distingue i solventi in quattro categorie: la prima e la seconda, che comprendono rispettivamente solventi forti e solventi medi, rientrano nei cosiddetti solventi "attivi", la terza che comprende i solventi "mobili" e la quarta che include quelli "volatili".

In base a queste categorie e allo scopo da perseguire, Kleiner propone una lista di Test di solventi riportata qui di seguito.

Liste de solvants-tests.

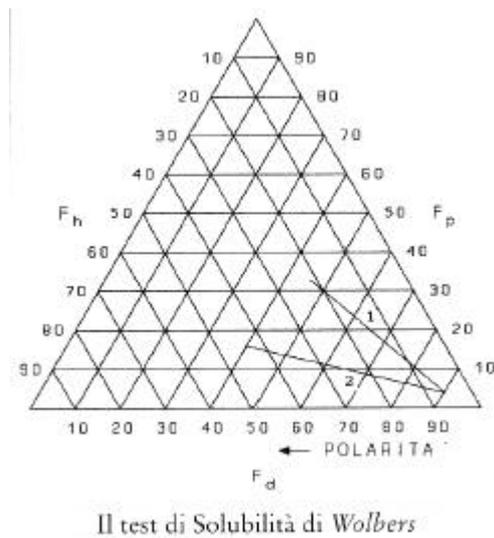
NE. IV solvant "VOLATIL", III solvant "MOBILE", II solvant "MOYEN", I "DECAPANT".

But	N°	Solvants	Proportions	Catégories
nettoyage superficiel	1	isooctane	pur	IV
	2	diisopropyléther	pur	IV
	3	white-spirit	16 % d'aromati- ques	(IV-III)
	4	p-xylène	pur	III
	5	p-xylène + trichloro- éthane	50 : 50	IV + III
élimination d'un vernis résineux	6	isooctane + isopro- panol	50 : 50	IV + II
	7	toluène + isopropanol	50 : 50	III + II
	8	isooctane + éther + éthanol	80 : 10 : 20	IV + IV + II
vernis résineux en couches épaisses	9	" " "	55 : 15 : 30	IV + IV + II
	10	acétate d'éthyle + méthyléthylcétone	50 : 50	II + II
	11	isopropanol + méthyl- isobutylcétone	50 : 50	II + II
élimination d'un surpeint huileux	12	dichloroéthane + mé- thanol	50 : 50	III + II (I)
	13	toluène + DMF	75 : 25	III + I
	14	trichloroéthane + di- acétone alcool	75 : 25	III + I
	15	trichloroéthane + DMF	50 : 50	III + I
	16	acétate d'éthyle + DMF	50 : 50	II + I
	17	isopropanol + amonia- que + eau	90 : 10 : 10	II + I + II
élimination d'une colle ou d'un surpeint protéique	18	" " "	50 : 25 : 25	II + I + II
	19	dichlorométhane + for- miate d'éthyle + acide formique	50 : 50 : 2	III + II + I
élimination d'une colle ou d'un sur- peint polysac- charide	20	toluène + isoprop + eau	50 : 65 : 15	III + II + II
	21	méthyléthylcétone + eau	25 : 75	II + II
	22	acétate d'éthyle + THF + eau ac. acétique + eau	5 : 35 : 45 5 : 95	II + I + II I + II

Possiamo notare che l'utilizzo dei diversi solventi varia a seconda se si voglia effettuare una pulizia superficiale, l'eliminazione di una vernice resinosa anche costituita da uno spesso strato, l'eliminazione di una superficie oleosa, di una colla o di una superficie proteica, e infine di una superficie polisaccaridica.

Per quanto riguarda il contributo di R. Wolbers possiamo riportare le due serie di miscele, proposte in "Methods of cleaning Painted Surfaces" [4]: **Mineral Spirits/Acetone e Mineral Spirits/Alcool n-Propilico**, nelle seguenti proporzioni: 5:0, 4:1, 3:2, 1:1, 2:3, 1:4, 0:5. Le due miscele possono essere rappresentate nel Triangolo di Solubilità da due linee, entrambe partono da

f_d 90, che corrisponde al valore del Mineral Spirits, e terminano una a f_d 47, valore dell'Acetone, e l'altra a f_d 40, valore dell'n-Propanolo.



Dalla figura è possibile vedere che la seconda linea esplora anche zone di solubilità a polarità più alta e caratterizzate da un maggior contributo delle Forze di Legame a Idrogeno rispetto al Test di Feller.

A questo punto è necessario soffermarsi un istante sul cosiddetto *Mineral Spirits*, tale termine identifica il solvente comunemente conosciuto con il nome di Essenza di Petrolio o Ragia Minerale. Usato sia come solvente che come diluente deve essere considerato come solvente tossico, tale rischio di tossicità è connesso all'incognita sul contenuto di Idrocarburi Aromatici. Purtroppo nessuna etichetta o scheda di sicurezza dei prodotti disponibili commercialmente ci fornisce questa indicazione, senza contare che molti solventi, compresi gli idrocarburi, per poter essere venduti da fornitori non specializzati devono essere “denaturati”, addizionati cioè di sostanze (Idrocarburi Clorurati) che ne precludano certi usi, ma che ne aumentano la tossicità. In considerazione di tali inconvenienti Paolo Cremonesi raccomanda ai restauratori l'uso di miscele dalle stesse caratteristiche chimico-fisiche, di composizione meglio definita e privi di denaturanti, tra questi troviamo la *Ligroina* [5]. Quest'ultima appartiene alla classe dei derivati del Petrolio, sottoposti al processo di Idrogenazione per ridurre il contenuto di Idrocarburi Aromatici che può arrivare ad essere presente in misura inferiore all'un per cento. I prodotti commercialmente disponibili dichiarano in generale un contenuto dello 0.1%. Un altro enorme vantaggio è che tale prodotto viene venduto puro, senza denaturanti. Il fatto che non contenga componenti Aromatici ne diminuisce la polarità: i valori dei Parametri di Solubilità, f_d 97, f_p 2, f_h 1, la caratterizzano come un solvente quasi totalmente apolare. La Ligroina può essere utilizzata per gli scopi per cui si utilizza l'Essenza di Petrolio:

?? Come solvente “di lavaggio” di altri solventi, a patto che ci sia miscibilità tra i due.

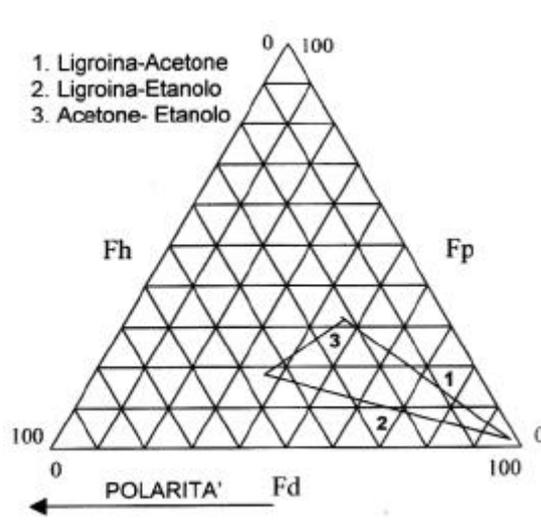
?? Come solvente di resine sintetiche per preparare adesivi e vernici.

?? Come solvente per preparare miscele a polarità precisa da utilizzare in operazioni di pulitura.

Ed è proprio su quest'ultimo punto che Paolo Cremonesi in *"L'uso dei Solventi Organici nella pulitura di opere policrome"* dà il suo maggiore contributo, proponendo un nuovo Test di Solubilità, che possa escludere la presenza di solventi tossici come il Toluene o L'Essenza di Petrolio, e che al tempo stesso possa esplorare una zona considerevole a polarità maggiore (quella degli Alcoli).

Codice Miscela	% Volume			Parametri di Solubilità		
	Ligroina	Acetone	Etanolo	Fd	Fp	Fh
L	100	0		97	2	1
LA1	90	10		92	5	3
LA2	80	20		87	8	5
LA3	70	30		82	11	7
LA4	60	40		77	14	9
LA5	50	50		72	17	11
LA6	40	60		67	20	13
LA7	30	70		62	23	15
LA8	20	80		57	26	17
LA9	10	90		52	29	19
A	0	100		47	32	21
LE1	90		10	91	4	5
LE2	80		20	85	5	10
LE3	70		30	79	7	14
LE4	60		40	73	8	19
LE5	50		50	67	10	23
LE6	40		60	60	12	28
LE7	30		70	54	13	33
LE8	20		80	48	15	37
LE9	10		90	42	16	42
E	0		100	36	18	46
AE1	0	75	25	44	29	27
AE2	0	50	50	42	25	33
AE3	0	25	75	39	21	40

Partendo dalla Ligroina si utilizzano due serie; una di nove miscele di Ligroina e Acetone (serie LA) e l'altra di nove miscele di Ligroina e Etanolo o Alcool Etilico (serie LE), volendo si può aggiungere una terza serie (serie AE) con tre miscele di Acetone e Etanolo.



Cremonesi inoltre consiglia di utilizzare Alcool Etílico al 100%, non denaturato, qualora non fosse possibile reperire tale prodotto raccomanda di utilizzare comunque un Alcool a bassissimo contenuto di acqua (polare), perché questa potrebbe provocare dei problemi di miscibilità con la Ligroina (apolare).

Conclusioni

In conclusione i Solventi organici, nonostante la loro potenziale pericolosità, restano, al momento, strumenti insostituibili per la pulitura di opere policrome. Le loro miscele e i Test di Solubilità, riportati in questa sede, permettono al restauratore di continuare ad utilizzare tali prodotti grazie ad un approccio più “scientifico”.

Bibliografia

1. G. Torraca – “Solubilità e Solventi: note per i restauratori”, Centro studi per la conservazione della carta.
2. P. Cremonesi – “L’uso dei Solventi Organici nella pulitura di opere policrome”, Collana i Talenti.
3. L. Masschelein Kleiner - “Les Solvants”, Institut Royal du Patrimoine Artistique, Bruxelles 1991.
4. R. Wolbers - “Methods of cleaning Painted Surfaces”, Archetype Publications, London 2000.
5. – P. Cremonesi – “Parola d’ordine: Ligroina!” (ovvero, considerazioni sull’utilizzo di certi solventi organici), in Progetto Restauro, il Prato, Padova 2002.