

Progetto pilota “*Oikos e Téchne*”

A.S. 2010/2011

Energia, Anno Internazionale della Chimica

“Consumi energetici dell’edificio del liceo e possibile risparmio con tecnologie e fonti alternative”

IV incontro: vetri, resine isolanti, bitume

L.S.S. “Francesco d’Assisi” - Roma, 18 Gennaio 2011

prof.ssa Flavia De Collibus

Vetro

Materiale noto sin dall'antichità: Fenici ed Egizi ne furono i primi produttori. La scoperta di questo materiale sembra legata ad un evento fortuito: fra le ceneri di fuochi accesi su suolo sabbioso, probabilmente da mercanti fenici in sosta, si sarebbero evidenziate sferule opalescenti caratteristiche.

Dalla "Naturalia Historia" di Plinio il Vecchio, sappiamo per certo che il vetro era in uso in Fenicia già nel III millennio a.C.



Maschere fenicie
in pasta di vetro

Arricchitasi della tecnica del soffiaggio, l'arte vetraria si sviluppò fiorente durante l'impero romano, a Bisanzio, a Venezia, diffondendosi in nord Europa durante il Medioevo, il Rinascimento, sino a tutto il Settecento.

Ai giorni nostri con manufatti altamente perfezionati e diversificati, il vetro è assai diffuso sia nel campo delle decorazioni artistiche che in quelli industriale, edilizio, chimico - medico, in ottica nonché negli usi quotidiani.



Vaso romano in vetro

Definizione e caratteri strutturali

Stato vetroso: tipico di materiali a cristallizzazione molto lenta (ad es. silice, anidride borica, arsenica, fosforica, etc.) che, dopo fusione (sino a circa 1500° C), vengono bruscamente raffreddati; se ne ottiene un materiale solido, rigido ma **non cristallino**, per il rapidissimo raffreddamento. In pratica , in tale intervallo di tempo le particelle non possiedono sufficiente energia cinetica per strutturarsi secondo un reticolo cristallino regolare e i vetri sono pertanto solidi **amorfi**, con atomi disposti disordinatamente. La silice cristallina (quarzo) fusa, passa ad uno stato vetroso non più ordinato, in tutto simile ai liquidi; per questo motivo i vetri sono detti *liquidi sottoraffreddati ad altissima viscosità* (le particelle non scivolano affatto).

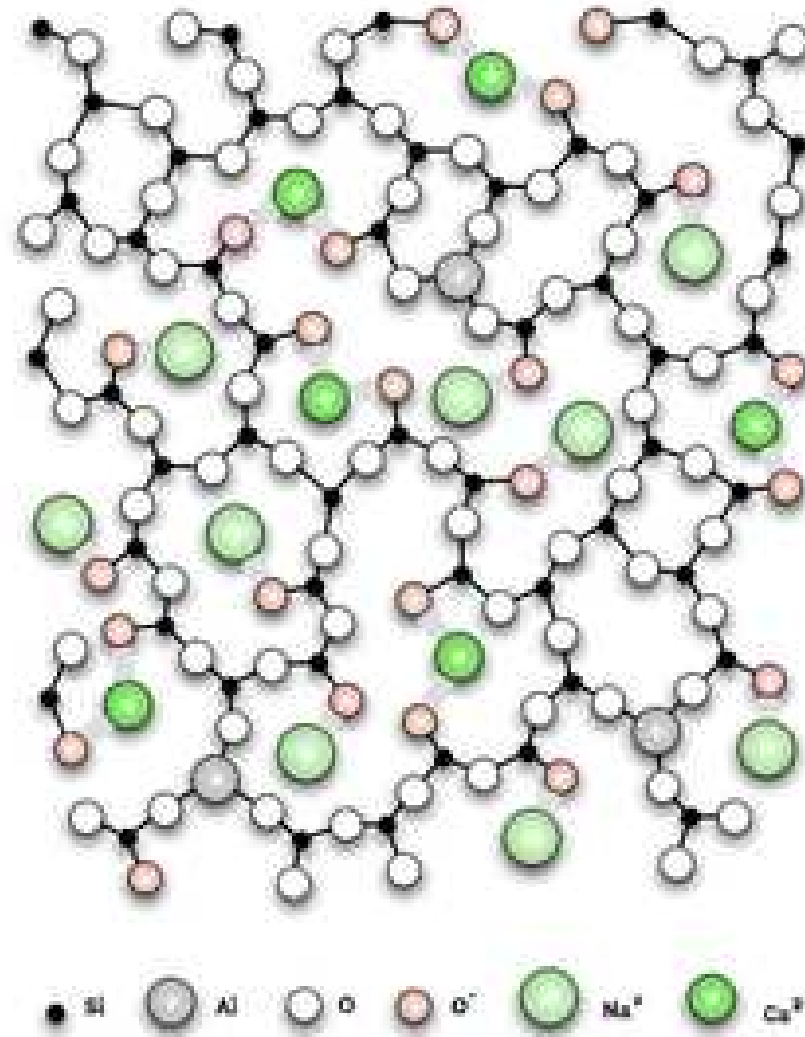
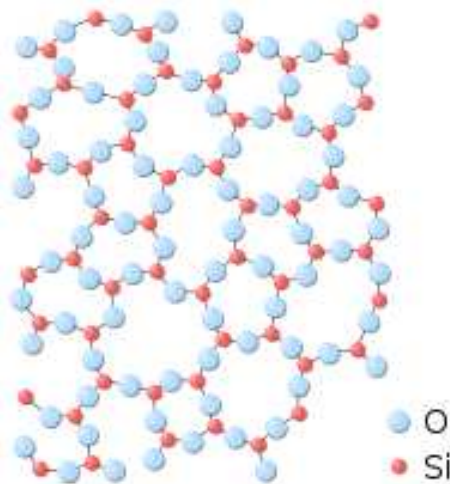
Inoltre trattandosi di una miscela (silicati metallici sciolti in silice, SiO_2 , fusa), il vetro non ha un punto di fusione netto e, col riscaldamento, rammollisce progressivamente sino a fondere: è in tale fase che, con l'aspetto di una **massa pastosa**, viene soffiato e/o forgiato nelle forme volute.

Il largo utilizzo del vetro anche in edilizia, deriva principalmente dalla sua trasparenza e da molteplici proprietà chimico-fisiche che esso può assumere con l'aggiunta di sostanze specifiche.

Proprietà chimico-fisiche	
Densità (g/cm^3)	2,2÷6,3
Indice di rifrazione	1,458÷1,86
Coefficiente di dilatazione termica lineare (K^{-1})	30÷90 10^{-7}
Conduktività termica ($\text{W/m}\cdot\text{K}$)	0,00155÷0,0030 cal/cm×s×K
Resistenza a trazione (kgf/m^2)	4×10 ⁶ (vetro ricotto)
Resistenza a compressione (kgf/m^2)	1 Gpa
Resistenza a flessione (kgf/m^2)	40÷200 Mpa
Durezza Mohs	5÷7

Il vetro è **inerte** sotto il profilo chimico e biologico, con superfici molto lisce.

È duro ma fragile, limite in buona parte corretto con trattamenti termici o aggiunta di elementi chimici specifici.



La sua trasparenza alla luce visibile è dovuta alla struttura amorfa: la mancanza di un assetto cristallino serrato consente facilmente il passaggio delle radiazioni luminose.

L'*elevata durezza* è legata alla presenza dei legami covalenti Si-O, molto stabili: la presenza di silicati a struttura complessa in cui tali legami sono molto numerosi ne rafforza la stabilità, conferendo una durezza superiore.

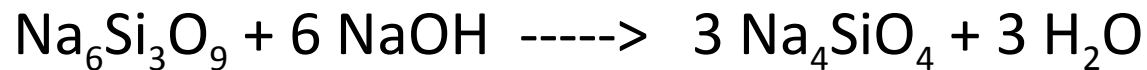
La *bassa conducibilità* termica ed elettrica dipende dall'**assenza di elettroni mobili**: a livello molecolare infatti, il vetro è costituito da catene silicatiche covalenti con presenza di legami ionici tra queste e i metalli ingabbiati in tali catene.

Modellabilità a caldo: si spiega in quanto l'alta temperatura causa la rottura di alcuni legami covalenti nelle catene silicatiche, così che se ne formano di più corte, con maggior scorrimento degli strati (pasta vetrosa).

Resistenza all'acqua: l'acqua non riesce ad attaccare le complesse strutture covalenti dello stato vetroso (inerte).

Attaccabilità da parte di HF e basi forti (KOH, NaOH): il silicio forma legami più stabili col fluoro piuttosto che con l'ossigeno; pertanto, con HF si forma fluoruro silicico (SiF_4), gassoso, e si disgregano le catene silicatiche.

Le basi forti invece, spezzano le lunghe catene silicatiche formando silicati più semplici, col risultato di disgregare la massa vetrosa:



Manufatti in vetro siliceo
(miscela di silicati metallici
sciolti in silice pura, fusa)

Materie prime del vetro

Silice - $(\text{SiO}_2)_n$, in forma di sabbia silicea

Anidride borica - (B_2O_3) , ovvero acido borico o suoi sali ternari (borati)

Anidride fosforica - (P_2O_5)

Carbonati di Na, K, Ca, Ba (Na_2CO_3 , K_2CO_3 , CaCO_3 , BaCO_3)

Ossidi di piombo e di zinco (PbO , Pb_3O_4 , ZnO)

Ossido di manganese (MnO_2), aggiunto come *sbiancante*, per eliminare le impurezze di colore verde dovute a composti del Fe nelle sabbie.

L'acido borico (H_3BO_3) e il borace ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, sodiotetraborato decaidrato) vengono aggiunti come *vetrificanti*, ovvero per abbassare l'intervallo di fusione, il coefficiente di dilatazione e per aumentare la durezza.

Ossido di stagno (SnO_2) e fosfato tricalcico [$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$] si aggiungono per ottenere vetri opachi.

Preparazione del vetro

Si frantumano e si mescolano la sabbia e gli altri minerali nelle opportune percentuali, con successiva fusione in forni a crogiolo o a vasche di materiale refrattario, a 1.200 – 1.300° C. Si procede poi all'affinazione, con ulteriore innalzamento termico (1.400 – 1.500° C) per una migliore omogeneizzazione della massa vetrosa.

In tale fase si aggiungono gli *affinanti* (Na_2SO_4 , As_2O_3 , CaF_2) per eliminare le bolle.

La pasta vetrosa viene poi sottoposta a varie lavorazioni (**foggiatura**), per ottenere il prodotto finale.

Laminazione: la massa fusa passa attraverso due cilindri rotanti in senso opposto, con successivo lento raffreddamento delle lastre.

Filatura: lavorazione per ottenere fibre di vetro (cavi di fibre ottiche, oggetti in vetroresina, pannelli atermici e fono assorbenti)

Ricottura: fase necessaria ad eliminare ogni tensione interna, con riscaldamento fino a consistenza pastosa e lento raffreddamento.

Finitura: molatura dei bordi taglienti e lucidatura.

Classificazione dei vetri

Il criterio di classificazione si basa sulla composizione chimica o sui tipi di lavorazione.

Per composizione chimica:

Vetro sodio/calcico (vetro comune)

Vetro piombico/potassico (cristalli)

Vetro calcio/piombico (mezzo cristallo)

Vetro calcio/potassico (cristallo di Boemia)

Vetro al quarzo, privo di boro e alcali forti (per lampade a vapori di mercurio, fari auto, termometri, oblò)

Per tipi di lavorazione:

Vetro di sicurezza: costituito da due lastre di vetro incollate su un sottile strato di plastica; in caso di rottura le schegge non si disperdono; usato obbligatoriamente per manufatti di massima sicurezza).

Vetro temprato: per raffreddamento di una lastra di vetro con corrente di aria fredda; è meno fragile e in caso di rottura produce piccoli frammenti arrotondati.

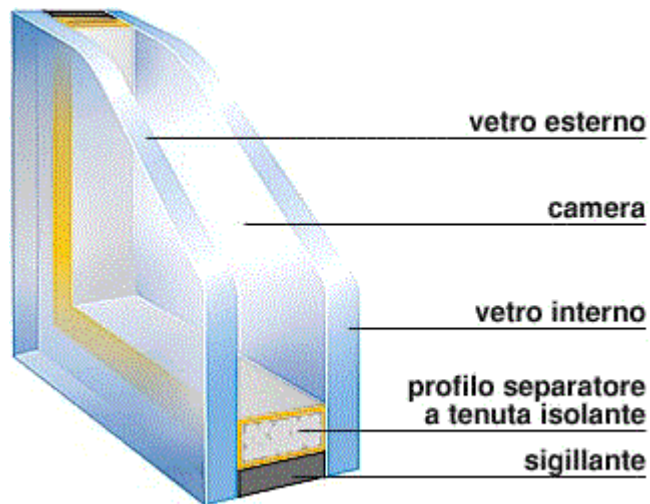
Vetro armato: incorporazione nel vetro di una rete metallica che ne aumenta sia la resistenza meccanica che al calore; usato nelle porte antincendio.

Vetro termolux: opaco, trasparente, buon isolante termico; si ottiene interponendo lana di vetro tra due lastre di vetro.

Il vetro in edilizia

Questo materiale trova ampio impiego nella realizzazione di infissi a ridotta dispersione termica e/o ad alto potere riflettente per migliorare l'efficienza energetica dei moderni edifici.

Di seguito vengono riportati due esempi di realizzazioni in merito.



Vetrocamera



Vetri riflettenti

Resine isolanti

Sono materie plastiche sintetiche, cioè ottenute per polimerizzazione a caldo di uno o diversi monomeri idrocarburici di base, caratterizzati da legami covalenti doppi o tripli (insaturi).

Si ottengono macromolecole ad elevato peso molecolare.

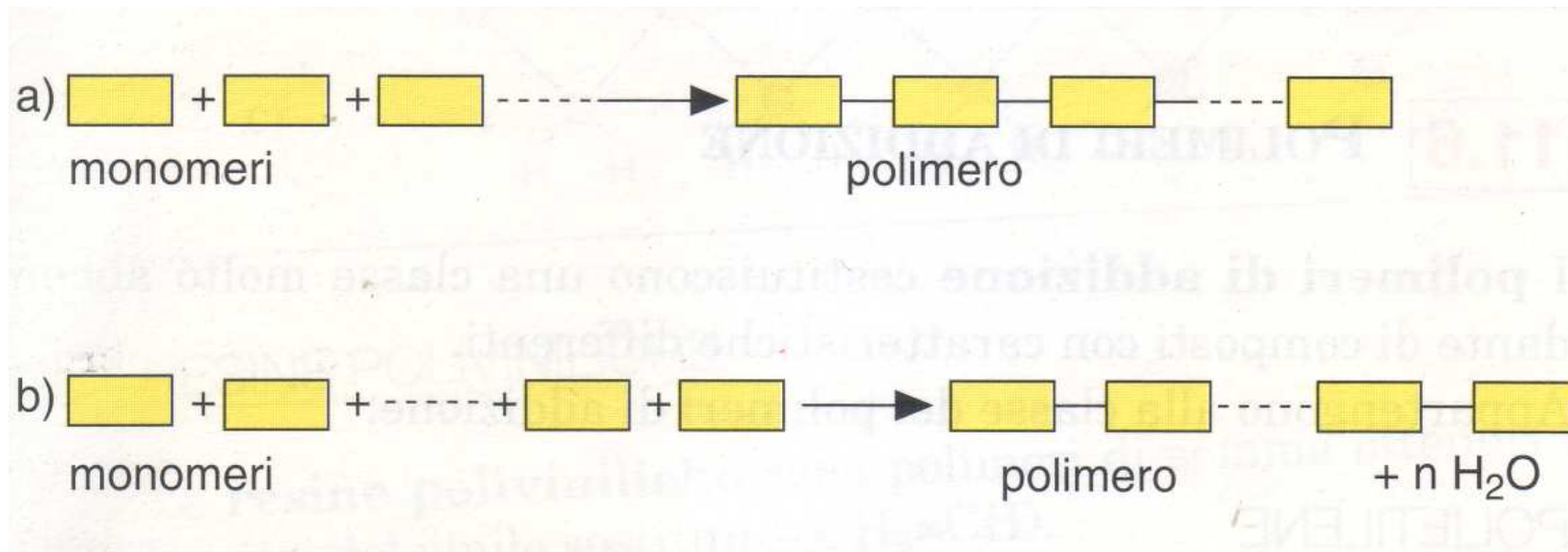
Proprietà

- Bassa densità
- Idrorepellenza
- Isolanti termici ed elettrici
(apolarità delle catene covalenti polimeriche carboniose)
- Buona resistenza agli agenti atmosferici
- Buona resistenza agli agenti chimici
- Buona resistenza meccanica

Polistirene e Poliuretano

Sono le resine sintetiche più comunemente usate in edilizia come materiali coibenti e isolanti sia termici che acustici.

La loro sintesi avviene secondo uno dei due tipi diversi di reazioni di polimerizzazione: addizione e condensazione, ambedue a caldo.



Nel caso del **polistirene** (polistirolo), la reazione è quella di *addizione* a partire dallo **stirene**, ottenuto per deidrogenazione dell'etilbenzene:



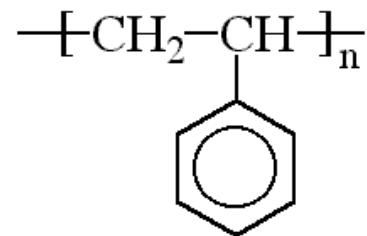
Etilbenzene

- H₂



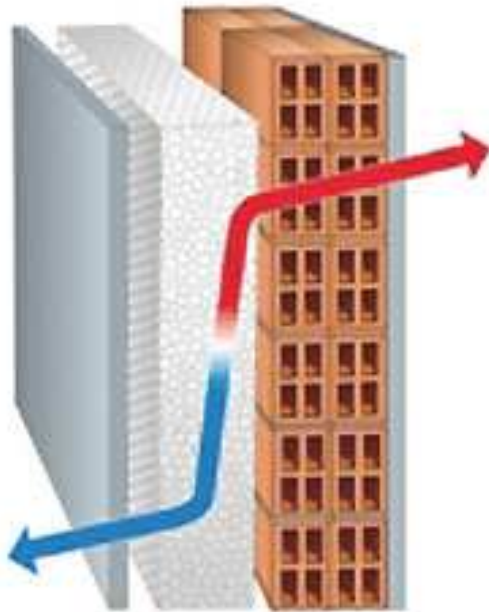
Stirene

n molecole di stirene →



Proprietà del polistirene

- Termoplastico (processo di sintesi ripetibile, riciclabile)
- Duro
- Incolore
- Idrorepellente
- Isolante termo-acustico

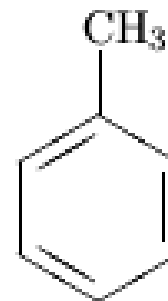


La varietà **espansa** è molto leggera, resistente agli urti, usata in edilizia come coibente (pannelli per controsoffitti o per pareti).

Il **Poliuretano** è una resina sintetica ottenuta per poliaddizione a partire dal monomero **toluendiisocianato**, tradizionalmente noto come **uretano**:



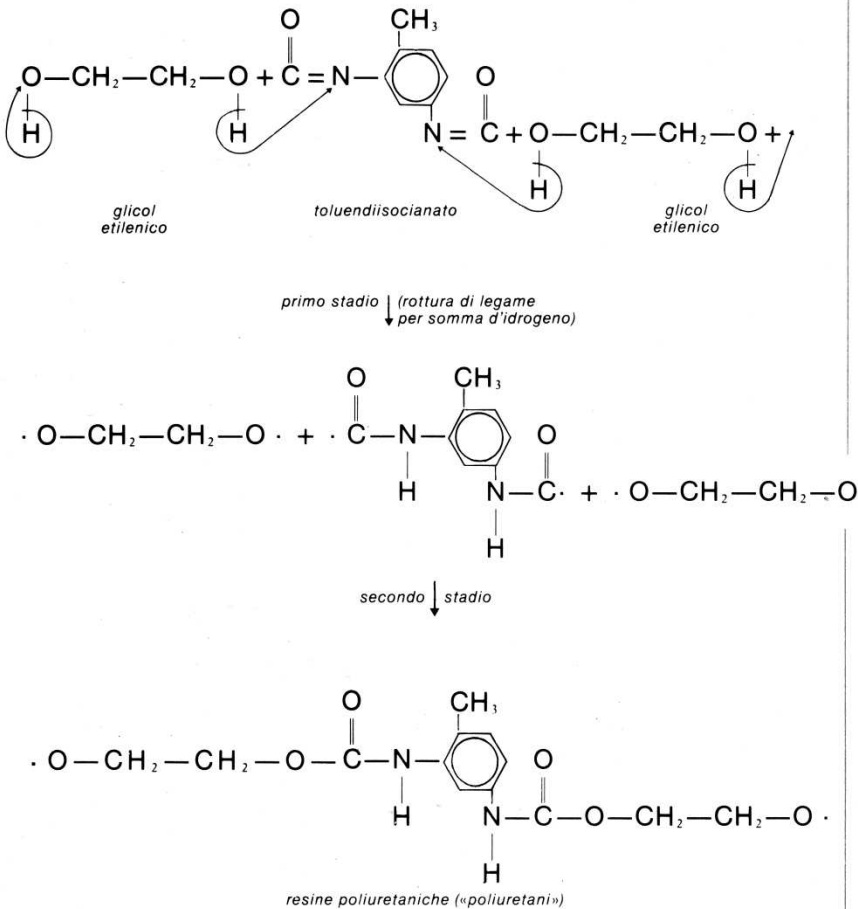
dove "R" indica il composto aromatico **toluene**



e dal glicol etilenico: HO-H₂C-CH₂-OH

In edilizia sono particolarmente versatili le schiume di poliuretano, molto leggere e pratiche per la posa in opera; esse vengono impiegate sotto pressione per riempire intercapedini murali a scopo coibente (isolante termo-acustico).

Dettaglio della sintesi del poliuretano



Il meccanismo di reazione di **poliaddizione** consiste nel trasferire un atomo di idrogeno da una molecola su un punto di altra molecola, in cui, per legare l'idrogeno in arrivo, si apre un doppio legame. Nel 1° stadio, l'H spostandosi porta via un elettrone dal legame che intratteneva; in tal modo, l'altro elettrone del legame precedente resta sull'atomo da cui si stacca l'H. Inserendosi sull'altra molecola, l'idrogeno spezza il doppio legame: con uno dei due elettroni così disaccoppiati, l'H forma un nuovo legame covalente e l'altro elettrone resta libero sull'atomo del precedente doppio legame, a cui non si attacca l'idrogeno. Nel 2° stadio, si evidenzia la formazione dei legami covalenti fra elettroni disaccoppiati dei biradicali prima formati.

Bitume

Detto anche **pece naturale**, solido a 25° C, deriva dal greggio. Si tratta di una miscela (alcani, cicloalcani, idrocarburi aromatici) di idrocarburi a lunga catena carboniosa di peso molecolare molto elevato.

Colore nero-brunastro, aspetto resinoso, lucido-opaco; se riscaldato rammollisce sino a fondere.

In natura si hanno giacimenti di bitume lungo fratture o gole lacustri specie in America latina e in Centro America e nella depressione del Mar Morto. In Italia (Sicilia, Abruzzo) si ritrovano giacimenti di rocce asphaltiche (calcari o arenarie impregnate di bitumi sino al 20%).

Si può ottenere artificialmente come ultimo residuo della distillazione dei petroli (frazione più pesante).



Un lago di catrame e asfalto, miasmi venefici, temperature che oscillano da 32 a 56 °C, grandi bolle di metano che sfiorano dalla superficie liquida grigiastra, queste sono le caratteristiche di [Pitch Lake](#), uno dei più vasti depositi naturali di bitume del mondo situato nell'isola caraibica di Trinidad

Proprietà del bitume

- *rammollimento a caldo (viscosità)*
- *insolubilità in H_2O (idrorepellenza)*
- *legante organico di pietre e detriti*

Il bitume si distingue dal catrame (liquido oleoso bruno o nerastro denso e viscoso ottenuto dalla distillazione del carbon fossile “litantrace”) con vari test chimico – fisici: per riscaldamento emana odore sgradevole (il catrame fumo acre); se fuso, il bitume lascia su marmo bianco una tipica macchia gialla (il catrame, nera); con alcol etilico, il bitume origina una soluzione bruno-rossastra; il catrame, invece, di colore verdastro.

Utilizzi del bitume in edilizia

I bitumi sono largamente impiegati per impermeabilizzare coperture (terrazzi, balconi, solai, pavimenti) e muri di fondazione.

Per terrazzi, tetti e coperture in genere si usano **emulsioni bituminose**: sospensioni di H₂O in bitume stabilizzate da saponi o altri tensioattivi (1,5%). Il bitume è invece presente per il 70-80 %. L'emulsione si prepara per sbattimento a circa 100° C del bitume fuso con acqua molto calda. Una volta stesa l'emulsione, l'acqua evapora mentre il bitume aderisce alle superfici con una pellicola continua fortemente aderente agli elementi della copertura saldandoli tenacemente. Ne derivano forte resistenza meccanica e impermeabilità.

Per impermeabilizzare tubazioni incassate in muri o interrate (fognature), si usano invece le **vernici bituminose**: al bitume si aggiungono particolari resine polimeriche (ureiche o epossidiche); come solventi sono utilizzati l'acqua ragia o il benzene.