manens

TECHNICAL NOTES

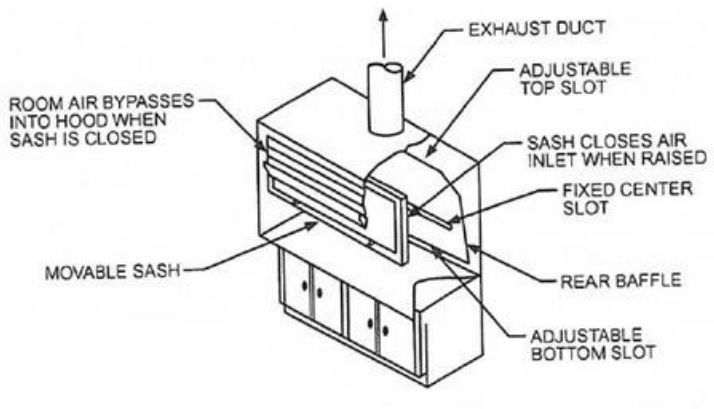
I laboratori di ricerca: architettura e impianti tra sicurezza e flessibilità

A. BOECHE, A. CAVALLINI, R. ZECCHIN

I laboratori di ricerca e sperimentazione costituiscono il motore dello sviluppo scientifico e tecnologico. Gli ambiti della ricerca scientifica sono molteplici e si concretizzano spesso in adeguati laboratori, ognuno con particolari esigenze e strutture. Ci si limita, in questa sede, ai laboratori chimici e biotecnologici, che per la loro numerosità, sia negli enti di ricerca che in ambito ospedaliero, e per la loro complessità, pongono spesso impegnativi problemi progettuali e costruttivi.

In questi ultimi anni è cresciuta enormemente la varietà delle operazioni e conseguentemente delle dotazioni strumentali e delle apparecchiature necessarie nei laboratori, con inevitabili riflessi sulle scelte architettoniche (distributive e costruttive) e impiantistiche, con particolare riferimento agli aspetti della sicurezza; in questo contesto non sono peraltro da sottovalutare, per quanto possibile, le esigenze di flessibilità per eventuali riconfigurazioni delle attività e degli spazi.

Le manipolazioni e le operazioni che possono dar luogo a sviluppo di inquinanti vengono effettuate, nei laboratori, all'interno di cappe di aspirazione, le cui caratteristiche sono oggetto di specifiche normative, in particolare quelle della serie UNI EN 14175-X. Tali cappe sono certamente l'elemento che, nei laboratori di cui si tratta, pone i maggiori problemi sia per gli aspetti prettamente impiantistici che per le implicazioni di sicurezza e di layout. Per quanto riguarda gli ambiti impiantistici, l'entità e la variabilità della portata d'aria estratta dalle cappe richiedono una corrispondente pronta risposta da parte dell'impianto di ventilazione e climatizzazione, che è sempre a tutta aria con dispositivi a portata variabile, eventualmente integrato da terminali idronici per far fronte a carichi termici concentrati dovuti a specifiche apparecchiature.

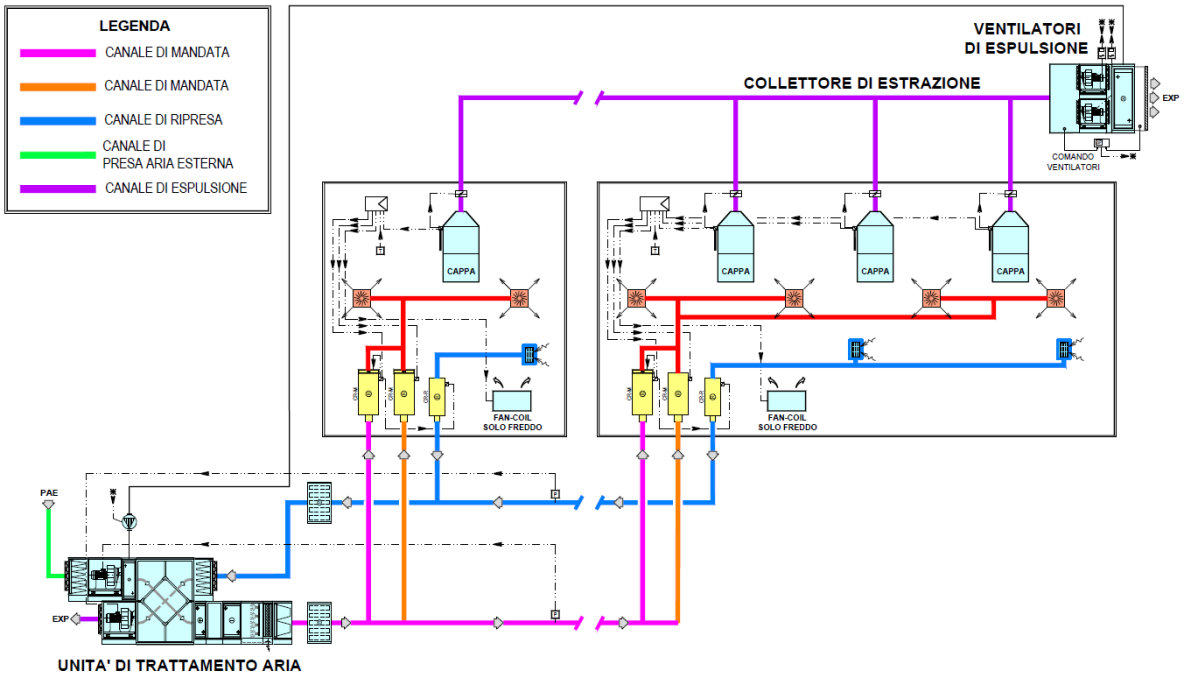


Rappresentazione schematica di una cappa di aspirazione per laboratorio chimico (ASHRAE Handbook, Applications, 2023).

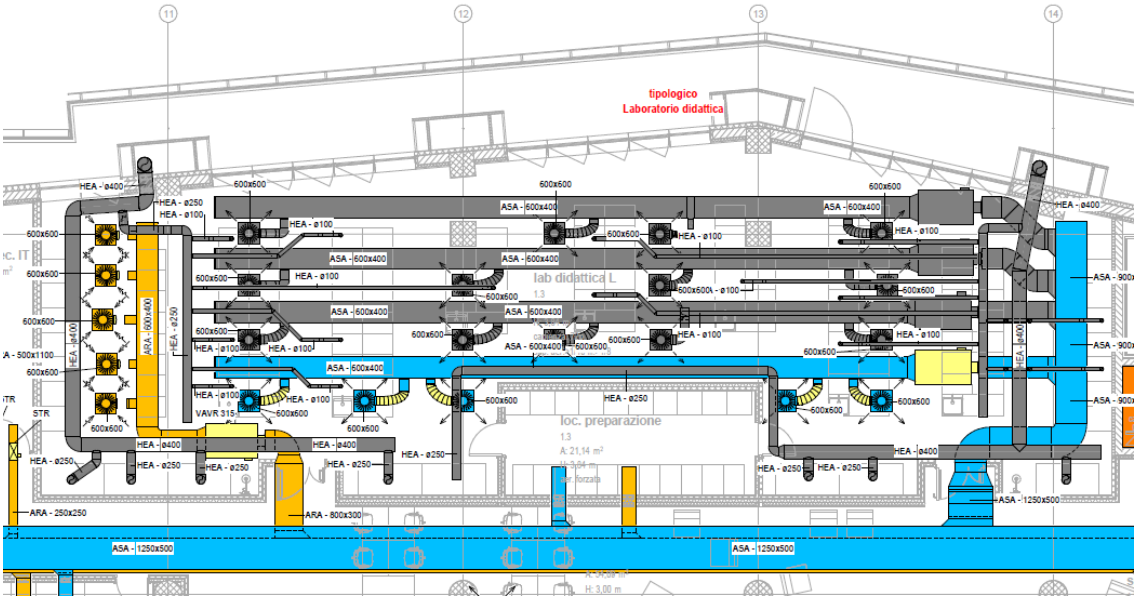
Le cappe più comuni sono quelle di larghezza 1,20 m ed estraggono una portata massima dell'ordine di 1000 m^3/h per garantire un efficace contenimento degli inquinanti sviluppati al loro interno. Usualmente, nei laboratori di maggiori dimensioni, in ogni ambiente possono essere ubicate più cappe e le portate d'aria in gioco diventano in questo caso notevoli e variabili nel tempo in relazione al numero di cappe attive e alle loro modalità d'uso; tale situazione richiede uno studio molto attento

dei terminali di diffusione dell'aria, con eventuale ricorso a simulazioni mediane modelli fluidodinamici computazionali (CFD). Un'ulteriore ragione della necessità di uno studio fluodinamico approfondito del sistema di immissione dell'aria nell'ambiente deriva dal dover evitare, in ogni situazione operativa, la presenza di velocità eccessive in corrispondenza delle sezioni di apertura delle cappe, in quanto altrimenti si verrebbe a vanificare la capacità di contenimento degli inquinanti sviluppati all'interno della cappa stessa.

Una questione molto dibattuta è l'opportunità di mantenere separati i condotti di espulsione con i relativi ventilatori (generalmente ubicati sulla copertura dell'edificio) oppure riunire i condotti stessi in uno o più collettori con i rispettivi sistemi di estrazione. In molti casi i committenti preferiscono le soluzioni con condotti e ventilatori indipendenti per singola cappa, adducendo ragioni di maggior sicurezza in quanto si eviterebbero miscele tra diverse sostanze: in realtà il sistema centralizzato consente una maggior diluzione in aria degli inquinanti estratti; casi particolari, come quello dell'impiego di acido perclorico o altre sostanze particolarmente aggressive, sono risolti usualmente con speciali cappe dedicate, a estrazione individuale. Inoltre, il sistema centralizzato presenta notevoli altri vantaggi: un ridotto sviluppo dei condotti, un numero decisamente inferiore di ventilatori (con conseguente maggior facilità di ridondanza, ove necessario), la possibilità di recupero del calore dall'aria espulsa, in quanto localizzata in una singola o poche posizioni con elevate portate, una maggior sicurezza per i manutentori sulla copertura dell'edificio, poiché l'aria estratta può essere più facilmente espulsa in atmosfera in posizione sopraelevata e ad alta velocità, anziché diffusa su una grande superfice occupata da numerosi piccoli ventilatori.



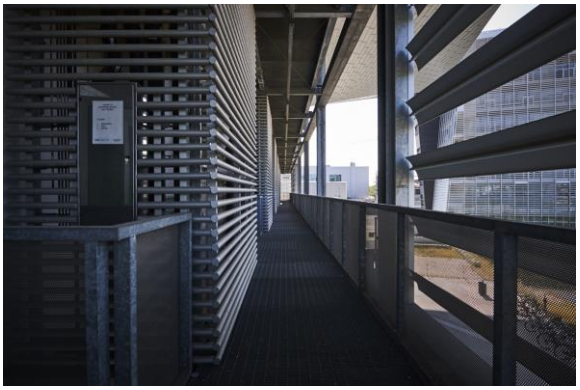
Schema aeraulico tipico di laboratorio con impianto centralizzato di estrazione che mantiene costante la depressione nel collettore di estrazione. Ogni ambiente è dotato di tre regolatori di portata per mantenere costante la depressione rispetto agli ambienti contigui: due per mandata e ripresa di base e uno per compensare la portata, variabile nel tempo, estratta dalle cappe



Planimetria di laboratorio con estrazione centralizzata e cavedi esterni (l'uscita dei condotti sui cavedi è protetta da collari tagliafuoco intumescenti, in quanto la passerella costituisce via di fuga). In grigio, la mandata dell'aria di compensazione, con tre regolatori di portata; in arancione e azzurro, rispettivamente, la mandata e la ripresa di base con i rispettivi regolatori di portata (Dipartimenti di Chimica e Scienze del Farmaco, Università di Pavia)

Infine, la regolazione della portata delle singole cappe avviene semplicemente mediante serranda servocomandata, demandando al controllo di velocità del ventilatore centralizzato la funzione di mantenimento della necessaria depressione. Il sistema centralizzato offre inoltre una soluzione molto semplice per l'estrazione dai cosiddetti armadi ventilati, destinati a contenere sostanze pericolose, mantenuti in depressione rispetto all'ambiente per evitare esalazioni nocive: la portata d'aria, usualmente molto ridotta ma continua, può essere facilmente convogliata ai condotti collettori.
I percorsi dei condotti di espulsione dell'aria estratta dalle cappe richiedono particolari attenzioni ai fini della riduzione dei rischi derivanti da eventuali incendi. Essi sono generalmente in materiale plastico (PVC) e il loro passaggio attraverso pareti di compartimentazione (tipicamente i cavedi tecnici) deve essere protetto con dispositivi tagliafuoco (collari o bendaggi intumescenti, oppure, per i diametri maggiori, serrande tagliafuoco).

Alcuni di questi aspetti e altri importanti accorgimenti sono trattati nel recente documento normativo UNI CEN/TS 17441:2020 "Impianti per laboratori - Impianti di ventilazione nei laboratori".



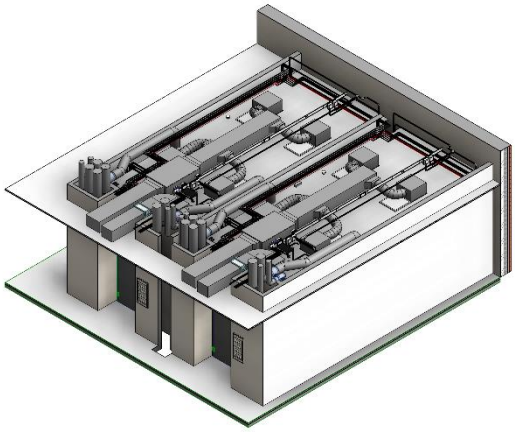
Esempio di edificio per laboratori con uscite di sicurezza su una passerella e cavedi esterni per l'alloggiamento di condotti e tubazioni (Edificio Beta, Università Ca' Foscari, Venezia).

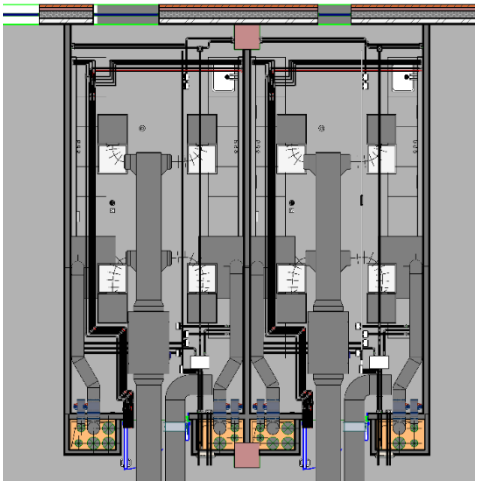
A sinistra: vista generale della facciata.

A destra: dettaglio di una passerella con un cavedio grigliato.

Come già ricordato, flessibilità e riconfigurabilità degli spazi devono essere i criteri guida nel definire l'organizzazione funzionale di questi edifici. Riguardo al primo aspetto, il progetto, per quanto possibile, deve prevedere la collocazione dei vari laboratori preferibilmente ai piani alti e con affaccio esterno sia per limitare l'impatto dell'impiantistica (soprattutto per quanto attiene ai condotti e i cavedi per le cappe), sia per facilitare l'inserimento di nuove apparecchiature e tecnologie che abbiano la necessità di installazione di apparati esterni, potendo in tal caso usufruire più agevolmente dei piani di copertura.
In tal modo è anche possibile la realizzazione di vie di esodo direttamente dai singoli laboratori verso passerelle e strutture esterne di evacuazione che possono essere utili anche per l'ancoraggio delle reti di distribuzione dei gas tecnici ed eventuali interventi relativi alle medesime.
Nel caso dei condotti collocati esternamente in facciata, a fronte degli innegabili vantaggi ora descritti, bisogna tenere in particolare considerazione la possibile perdita di isolamento acustico dovuta ai fori, talvolta numerosi, per il passaggio dei condotti di espulsione: per ovviare a questo inconveniente e per un armonioso inserimento di questi elementi sulla facciata, si può ricorrere a rivestimenti esterni chiusi e impervi che risolvono anche il problema acustico ma possono porre problemi in termini di prevenzione degli incendi in quanto mettono in connessione compartimenti antincendio dei diversi piani e richiedono quindi l'applicazione dei citati dispositivi tagliafuoco oppure adeguate aperture di aerazione secondo le indicazioni delle autorità competenti.
Per quanto riguarda invece il tema della riconfigurabilità, intesa come possibilità di agevole ridefinizione funzionale degli spazi e delle destinazioni d'uso (per esempio tra laboratori con finalità o attività differenti), è opportuno adottare soluzioni progettuali che consentano di modificare la sola impiantistica terminale, lasciando invariata la distribuzione primaria verticale e orizzontale delle infrastrutture impiantistiche. A tal fine un'impostazione architettonica e impiantistica modulare facilita successivi spostamenti di pareti divisorie per aggregare in modo diverso gli spazi disponibili in funzione di mutate esigenze.

Nel caso della scelta di collocare all'esterno dell'edificio i condotti di espulsione, è opportuno inoltre inserire già in fase progettuale la predisposizione di aperture di passaggio, per eventuali futuri condotti, da chiudersi con elementi di tamponamento facilmente asportabili. I cavedi di mascheramento dei condotti devono inoltre essere facilmente rimovibili e adeguatamente dimensionati.

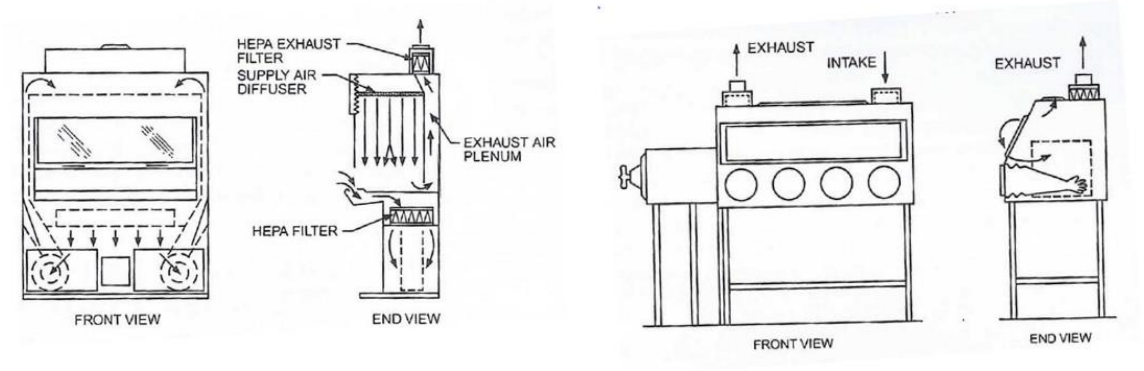




Esempio di laboratorio modulare facilmente riconfigurabile: la tipologia e la collocazione dei regolatori di portata dell'aria e degli altri elementi impiantistici è ripetitiva e consente una facile modifica delle dimensioni dei singoli laboratori.
I cavedi di alloggiamento dei condotti di espulsione in questo caso sono all'interno dell'edificio per esigenze architettoniche e i passaggi dei condotti attraverso le pareti sono protetti, in caso di incendio, da collari intumescenti. (Complesso Mind, Università di Milano, Rho (MI)

A sinistra: vista assonometrica
A destra: planimetria

Una particolare categoria è quella dei laboratori di biotecnologia, ove vengono manipolate sostanze con presenza di microrganismi classificabili secondo il loro livello di pericolosità nei confronti degli esseri umani e dell'ambiente: ciò determina il livello di sicurezza (BSL: Biological Safety Level) dei relativi laboratori classificati da BSL-1 a BSL-4 secondo la norma UNI EN 12741 "Biotecnologia – Laboratori per ricerca, sviluppo e analisi – Guida per le operazioni nei laboratori di biotecnologia". A maggior ragione, anche in questi laboratori le manipolazioni pericolose vengono svolte entro speciali cappe di contenimento, anch'esse classificate secondo il livello di protezione che devono assicurare verso il campione in esame, verso l'operatore e verso l'ambiente. La sicurezza più elevata prevede l'uso di cappe di classe III ove l'area di lavoro è totalmente racchiusa e l'operatore è separato da questa mediante una barriera fisica (camera a guanti). L'aria, pressocché completamente ricircolata all'interno della cappa, è tutta filtrata e quindi immessa con continuità nel volume operativo, mantenuto comunque in depressione mediante l'estrazione di una quantità di aria anch'essa filtrata HEPA, talora in doppio stadio, e rigettata nel medesimo ambiente o canalizzata verso l'esterno.



Rappresentazione schematica di due tipi di cappa di contenimento per laboratorio biotecnologico.

A sinistra una cappa di classe II: la cortina d'aria a filtrazione assoluta (HEPA), con flusso laminare verso il basso, protegge l'oggetto della manipolazione e un flusso unidirezionale entrante nella cappa, mantenuta in depressione da una estrazione a sua volta filtrata HEPA, protegge l'operatore.

A destra una cappa di classe III: la zona di lavoro è totalmente isolata e mantenuta in depressione rispetto all'ambiente e l'operatore effettua la manipolazione attraverso penetrazioni a forma di guanto, perfettamente stagne

(ASHRAE Handbook, Applications, 2023).

Oltre a quanto descritto in precedenza, i laboratori richiedono altre dotazioni e servizi, e tra questi fondamentale è la fornitura di diversi gas, cosiddetti "tecnici": azoto, ossigeno e metano, sono i più comuni, ma sono usati anche argon, elio, idrogeno, anidride carbonica, silano e altri ancora, talvolta ad elevato grado purezza. Si ricorre a tal fine a impianti di stoccaggio e a reti di tubazioni per la distribuzione ai singoli laboratori. Le soluzioni possibili sono molteplici: una tendenza che si va diffondendo nel caso di grandi complessi, come i dipartimenti universitari e gli istituti di ricerca, è quella di mantenere centralizzato lo stoccaggio e la distribuzione di alcuni gas, come l'azoto e l'ossigeno, specialmente quando provengono da rigassificazione di liquidi criogenici, frazionando invece in più impianti separati, con depositi di ridotta dimensione costituiti da bombole, l'alimentazione di altri gas a gruppi di laboratori, eventualmente afferenti alla stessa sezione di ricerca. In questo caso i depositi possono essere ubicati sulla copertura degli edifici o alla base di cavedi esterni, se presenti, permettendo, tra l'altro, la riduzione del percorso tra bombola e utenza, accorgimento particolarmente utile per i gas ad elevata purezza, le cui caratteristiche possono essere alterate da una eccessiva lunghezza delle tubazioni, per quanto accuratamente installate e manutenute.

Spesso sono richieste anche particolari attrezzature, quali armadi di sicurezza aspirati per deposito di sostanze pericolose o armadi aspirati, anche a prova di scoppio, per il contenimento di piccole bombole di particolari gas.

Esempio di braccio di aspirazione per la rimozione locale di inquinanti prodotti da lavorazioni fuori cappa (Doc. tecnica Airum)

In molti altri aspetti, impossibili da trattare in questa sede, risulta coinvolta l'impiantistica termomeccanica ed elettrica nei laboratori, quali ad esempio: sistemi di prevenzione e sicurezza antincendio, ridondanza delle apparecchiature di ventilazione o condizionamento, continuità dell'alimentazione elettrica per funzioni essenziali (gruppi elettrogeni e di continuità assoluta), illuminazione di sicurezza, controllo accessi, sterilizzazione ambientale con lampade ultraviolette (da utilizzare quando gli ambienti non sono occupati), accessi con camera di compensazione, filtri con porte interbloccate, scarichi contenuti per liquidi pericolosi con possibilità di analisi e trattamenti, installazione di docce di decontaminazione, lavabi di emergenza e fontane oculari, bracci di aspirazione localizzata e altro ancora.

Da queste note emerge la complessità globale della progettazione di un edificio destinato ad ospitare un laboratorio di ricerca: ancor più che in altri casi si rivela importante il concetto di progettazione integrata del sistema edificio-impianto. I vincoli che si presentano sono rilevanti: funzionalità, sicurezza, comfort e flessibilità d'uso, ma non va peraltro dimenticato che un luogo di questa natura deve anche essere accogliente e rappresentativo dell'istituzione destinata ad entrarvi.

www.manens.com

info@manens.com

Manens S.p.A.