



World Library and Information Congress: 71th IFLA General Conference and Council

"Libraries - A voyage of discovery"

August 14th - 18th 2005, Oslo, Norway

Conference Programme: <http://www.ifla.org/IV/ifla71/Programme.htm>

August 9, 2005

Code Number:

063-F

Meeting:

105 SI Preservation & Conservation, Asia & Oceania & PAC & Library Buildings

Ventilation par air hypoxique – protection contre l’incendie des collections de bibliothèques

Christian Nørgaard Madsen et Geir Jensen
COWI AS, Norvège

Jan Holmberg
Département des Sciences de la Construction
Institut Royal de Technologie, Suède

*Traduction française: Christopher Boon
Association Belge de Documentation
Bruxelles, Belgique
Courriel : christopherboon@hotmail.com*

Résumé

Une nouvelle technique de protection des collections des bibliothèques et des locaux de bibliothèques publiques contre l’incendie - la ventilation par air inerte - a fait l’objet d’une évaluation. Cette technique prévient l’apparition d’un incendie, permet une occupation continue des locaux protégés, ne cause aucun dommage secondaire et présente une fiabilité élevée. La présente contribution décrit des utilisations prévues pour un bâtiment existant datant de l’époque moyennâgeuse en Italie et pour de nouvelles grandes bibliothèques publiques. La protection des bibliothèques contre l’incendie a toujours été l’objet de débats, que ce soit à propos des systèmes de protection, qui en eux-mêmes présentent un risque pour les collections, ou pour des raisons de fiabilité. Un aperçu des options habituelles et récentes de la protection des bibliothèques est donné, ainsi qu’une introduction sur le concept d’air inerte.

L'air inerte, auquel il est parfois fait référence sous l'appellation d'air hypoxique (air 'sous-oxygéné' – à concentration en oxygène réduite), comporte des éléments gazeux dont les concentrations sont légèrement altérées. En règle générale, 5 % de la concentration en oxygène est remplacé par 5 % d'azote. L'air inerte a un taux d'oxygène prédéterminé et permet de ventiler de manière sécurisée des locaux qui doivent être protégés de manière continue. L'air inerte permet de remplacer l'utilisation de gaz inertes. L'air inerte est produit par des générateurs simples et fiables, qui peuvent être adaptés sur des systèmes d'air conditionné nouveaux ou déjà existants, de sorte qu'aucune conduite, gicleur ou autre équipement ne doivent être installés dans les locaux à protéger.

Les tentatives d'utilisation de l'air inerte pour la protection contre l'incendie sont récentes et quelques faits marquants se sont produits très rapidement durant les 10 dernières années. Il y a trois ans, le concept d'introduction d'air hypoxique prémixé dans l'espace à protéger a détrôné la technique d'introduction d'azote dans les locaux pour réaliser une atmosphère sous-oxygénée, et ceci a permis à l'option 'air inerte' d'apparaître plus sûre, plus simple et moins coûteuse. Une suite de recherches et de développements en vue de différentes applications est en cours, et les avantages potentiels pour les bibliothèques sont nombreux. Les problèmes d'implémentation relatifs à la protection incendie, à la santé, aux coûts, à la fiabilité, à la maintenance et à l'impact sur les objets et les tissus ont fait l'objet d'évaluations. Une liste d'hypothèses établissant les avantages et les inconvénients potentiels pour les applications en bibliothèque est en cours d'analyse. Les résultats sont prometteurs et les obstacles semblent peu nombreux et gérables.

Introduction

La protection contre l'incendie des collections des bibliothèques est un défi car elle concerne de manière générale des documents irremplaçables, une valeur élevée par mètre carré, de larges espaces ouverts et des objets fragiles et facilement endommageables lorsqu'ils sont exposés à la fumée, à la chaleur ou aux agents extincteurs en cas d'incendie.

En vue d'éviter les dégâts dus à l'eau utilisée par les services d'incendie ou provenant des systèmes d'extinction automatique, comme les sprinklers, les brouillards d'eau et les mousses, nombreux sont ceux qui ont examiné les moyens d'extinction à base de gaz. Le principe d'extinction automatique par gaz a cependant démontré qu'il ne constitue pas la solution idéale car il requiert une évacuation des locaux et une étanchéité des ouvertures. Les systèmes à gaz peuvent être sujets à défaillances, car ils impliquent de multiples sous-systèmes destinés à détecter, activer et déclencher. Ils sont très rapidement épuisés et peuvent dépendre d'un apport en énergie externe. Les systèmes à gaz ne refroidissent pas non plus la source d'inflammation, de sorte que la réinflammation se produit souvent suite à l'ouverture de portes, à une fuite de gaz hors d'un local ou à la formation d'une couche de gaz vers le plafond ou au niveau du sol. Les systèmes à gaz empêchent le personnel des bibliothèques de pénétrer dans les espaces protégés en vue d'évacuer ou de protéger les collections, tant que les services d'incendie ne sont pas sur les lieux. Bien que les gaz inertes et leurs variétés, tels que l'azote, l'argon, l'Argonite, l'Inergen ou le CO₂, ne présentent aucun risque de décomposition en produits toxiques, corrosifs ou néfastes pour l'environnement – comme c'est le cas pour les gaz halogénés tels que le halon, le FE-36, l'Halotron ou d'autres – tous les désavantages énumérés ci-dessus sont d'application.

Durant les années 90, l'extinction par aérosol a été développée. Cette technique, qui est très simple et peu coûteuse, expulse à la demande une « fumée extinctrice » qui éteint efficacement les incendies et ne laisse qu'une légère poussière inoffensive sur les rayons, qui peut facilement être brossée ou éliminée à l'aide d'un aspirateur. Cependant, une visibilité réduite durant l'expulsion de l'aérosol fait que cette technique ne peut être recommandée pour des locaux qui servent au personnel ou au public ou pour des espaces qui constituent des voies

d'évacuation. Une technique de nettoyage de la fumée basée sur un brouillard d'eau et de l'azote a été étudiée, mais s'avère peu utile pour les grands volumes, est compliquée et plusieurs des désavantages liés aux systèmes à gaz énumérés ci-dessus s'appliquent également à la technique de nettoyage de la fumée. Il y a quelques années, la société 3M a inventé « l'eau sèche » – un agent extincteur sous forme liquide au niveau du stockage et dans les conduites, mais qui se vaporise à 49,2 °C et se comporte comme un gaz en cas d'incendie. Il possède de bonnes propriétés au niveau de son impact sur l'environnement et de sa toxicité, mais il ne présente pas les propriétés de refroidissement de l'eau sur les objets solides et requiert les mêmes précautions que les autres systèmes à gaz en vue de garder les espaces étanches, etc.

Un inconvénient inhérent à tous les systèmes de protection active contre l'incendie dans les bibliothèques est qu'ils ne préviennent pas les dégâts dus au début de l'incendie, préalablement à son extinction. Un autre inconvénient des systèmes conventionnels est qu'ils entraînent tous dans une certaine mesure des dommages secondaires aux objets protégés.

L'inertage permanent par l'azote ou d'autres gaz inertes a été une option prise depuis plusieurs décennies, et offre en premier lieu l'avantage de prévenir l'occurrence de tout incendie. Il n'a cependant pas fait l'objet de beaucoup de recherches, étant donné qu'il s'applique uniquement à des locaux de bibliothèques inoccupés et présente un risque élevé pour les personnes pénétrant dans ces espaces sans protection respiratoire. Ces systèmes requièrent des quantités considérables d'azote pour compenser les pertes, et ceci implique – avant l'introduction des séparateurs à membrane pour la production sur site – des réservoirs de stockage et un remplissage.

Nouveau concept

L'air inerte, auquel il est parfois fait référence sous l'appellation d'air hypoxique (air 'sous-oxygéné' – à concentration en oxygène réduite), comporte des composants dont les concentrations sont légèrement altérées. En règle générale, 5 % de la concentration en oxygène (O₂) est remplacé par 5 % d'azote. L'air inerte a un taux d'oxygène prédéterminé et permet de ventiler de manière sécurisée des locaux qui doivent être protégés de manière continue. L'air inerte est respirable, mais prévient l'apparition d'une inflammation ou l'incendie des matériaux communs. L'air inerte permet de remplacer l'utilisation de gaz inertes. L'air inerte est produit par des générateurs simples et fiables, qui peuvent être adaptés sur des systèmes d'air conditionné nouveaux ou déjà existants, de sorte qu'aucune conduite, gicleur ou autre équipement ne doivent être installés dans les locaux à protéger.

Utilisé comme système d'inertage continu, il génère une atmosphère respirable sûre pour l'être humain, mais dans laquelle les matériaux conventionnels ne peuvent s'enflammer ou brûler.

- Mode préventif : 15-16 % d'O₂ (personnel occupant l'espace de manière occasionnelle ou normale)
- Mode de suppression : 10-12 % d'O₂ (occupation de courte durée)

Le concept de ventilation par air hypoxique dans ce contexte est très simple, bien que découvert récemment : durant les recherches sur les systèmes à air hypoxique, on a découvert que les processus d'ignition et de combustion dans un environnement à pesanteur normale et hypoxique sont bien différents de ceux se produisant dans un environnement naturel d'altitude en pesanteur réduite avec la même pression partielle en oxygène.

Cette observation surprenante conduisit à une question évidente (Kotliar) : « Pourquoi deux environnements qui contiennent des pressions partielles en oxygène identiques (c. à d. le

même nombre de molécules d'oxygène par volume spécifique) affectent-ils les processus d'ignition et de combustion de manière si différente ? ».

La réponse : « La différence de concentration en oxygène dans ces deux environnements réduit la disponibilité en oxygène pour entretenir la combustion. Ceci se produit suite au

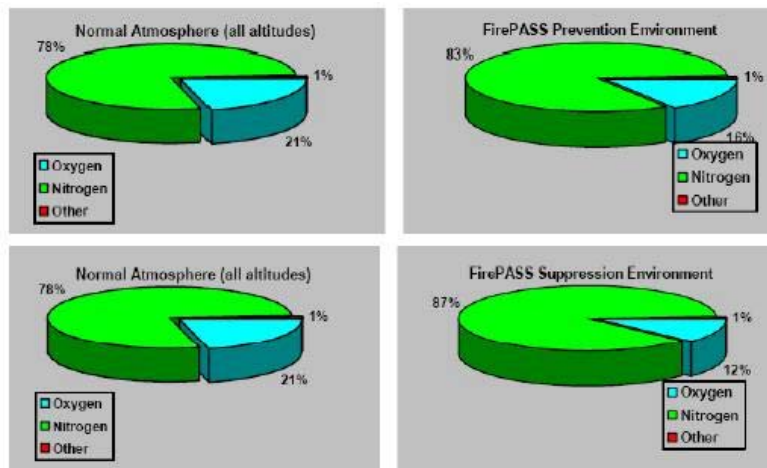


Figure 1: Air (left) and inert air (hypoxic air) (right) /Kotliar/. The oxygen level of inert air for fire prevention is typically 12 to 18 % /FirePASS/

nombre accru de molécules d'azote interférant avec les propriétés cinétiques des molécules d'oxygène ». En d'autres mots, la densité accrue en molécules d'azote dans l'environnement en pesanteur normale crée une « zone tampon » qui réduit la disponibilité des molécules d'oxygène pour la combustion. Lorsqu'on compare les propriétés cinétiques des deux gaz, il apparaît que les molécules d'azote sont, simultanément, plus lentes et ont un plus faible pouvoir de pénétration (par un facteur de 2,5) que les molécules d'oxygène.

Les matériaux solides et les liquides conventionnels inflammables ne peuvent être enflammés dans une atmosphère dont la concentration en oxygène est inférieure à 16% à un niveau de pression barométrique normal (au niveau de la mer).

Cependant, l'être humain peut facilement supporter une atmosphère réduite en oxygène à 12-16 % d'O₂ (au lieu d'une concentration ambiante de 20,94 % d'O₂) sans risque pour la santé. Afin de mieux illustrer les différences entre les fonctions de ces deux systèmes dépendant de la présence d'oxygène, la flamme et l'être humain, observons dans ce diagramme schématique, « la courbe de la saturation de l'hémoglobine en oxygène et la courbe de l'extinction de flamme en environnement à pesanteur normale hypoxique (Kotliar) ».

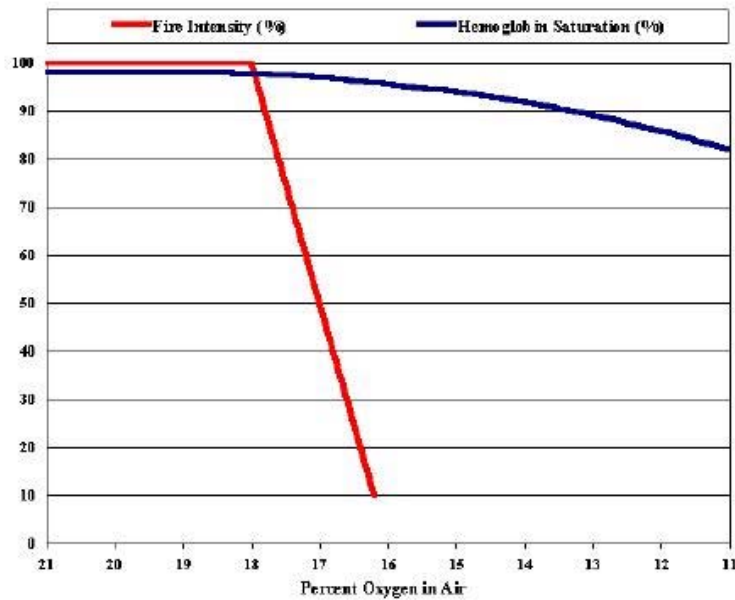
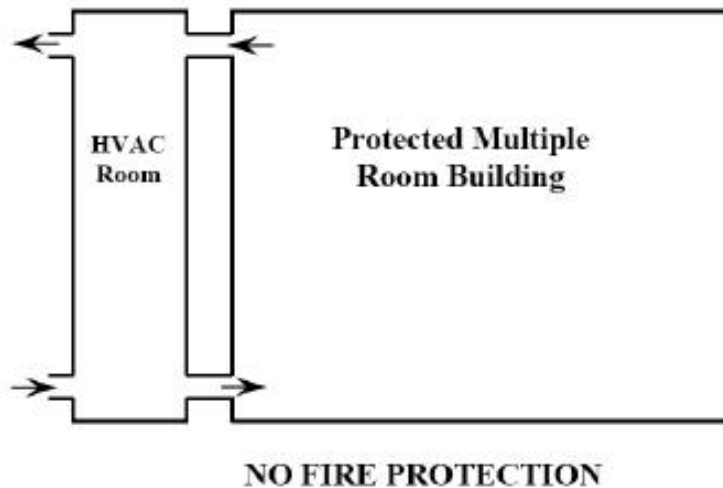
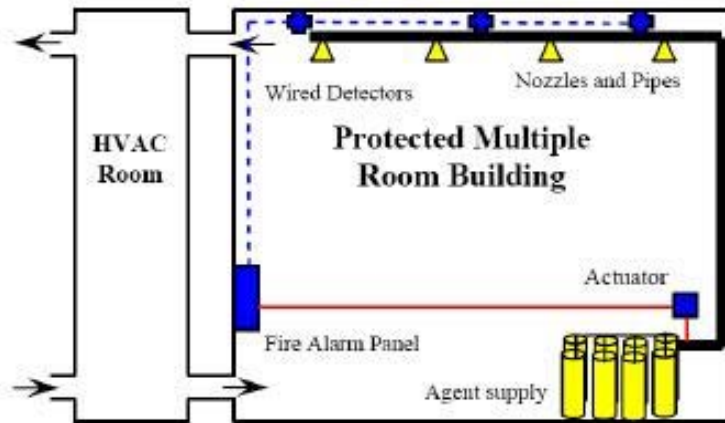


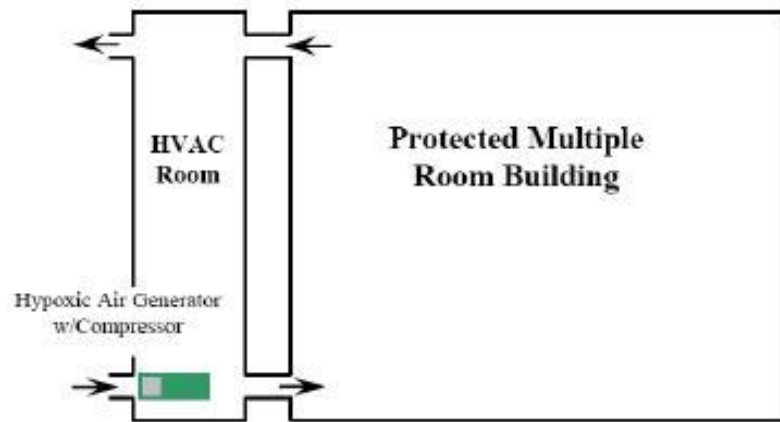
Figure 2 /1/: The red curve represents the decline in combustion intensity. This corresponds to the height of the stable flame and is dependent upon oxygen content in experimental environment. 100 % corresponds to the maximum flame height at ambient atmospheric oxygen content of 20.94%. Below 18% of O_2 we see the continuing linear decline in height of the flame, which at 16.2% results in complete flame extinction.

The blue curve shows the dependence of the oxy-hemoglobin saturation upon the partial pressure of oxygen in inspired air. Because the curve rises quickly with increase of oxygen percent, hemoglobin will be more than 90% saturated if exposed to alveolar pO_2 above 60 mmHg (corresponds to altitude 3300 m. and 14% O_2 in the normobaric hypoxic air). It should be noted that only the partial pressure of the oxygen determines hemoglobin saturation in the capillaries of alveoli. All subsequent oxygen transportation and metabolism depends exclusively upon the balance between oxygen demand and availability via the cardio-vascular system. The partial pressure of neutral diluting gases has no influence on these physiological processes at sea level conditions. In contrast, availability and reactivity of oxygen in the combustion process depends significantly upon the molecular concentrations of other, even inert, diluting gases. The affinity of O_2 to hemoglobin depends only on its partial pressure, while the kinetic of combustion depends on the proportion of oxygen in the gas mixture.





EXTINGUISHING SYSTEM
Conventional



FIRE PREVENTION AND EXTINGUISHING
Hypoxic Air Venting

Figure 3:

The simplicity provided by inert (hypoxic) air systems with (bottom) is illustrated by conceptually comparing conventional gas or water based extinguishing systems (middle). Architectural or aesthetical invasive installations are avoided with the inert air concept, which prevent rather than extinguish fires /1/.

Santé et sécurité

Notre examen de la littérature laisse apparaître des recommandations relativement uniformes en ce qui concerne l'occupation de locaux avec des niveaux d'oxygène réduits. Il existe une différence entre les limites autorisées pour les avions et les limites générales (plus strictes) pour les espaces clos au niveau de la mer qui n'apparaît pas rationnelle. Si l'accès à des installations est contrôlée de manière sûre, par ex. en n'autorisant pas les personnes ayant des prédispositions de maladies spécifiques comme c'est le cas pour les vols en avion, l'air inerte à 15 % d'O₂ ne devrait poser aucune inquiétude. Ceci signifie que l'air inerte est acceptable pour toutes les catégories de bâtiments historiques, de musées ou de bibliothèques en respectant de simples précautions.

Oxygen Concentration	Symptoms
21%	None (normal Oxygen level)
15%	No immediate effects
12%	Fatigue, impaired judgement
10%	Dizziness, shortness of breath
7%	Stupor sets in
5%	Minimum amount that supports life
2-3%	Death within 1 minute

Figure 4: This guide /Wagner, referenced in 1/ is rough but found to be fairly correct for overview

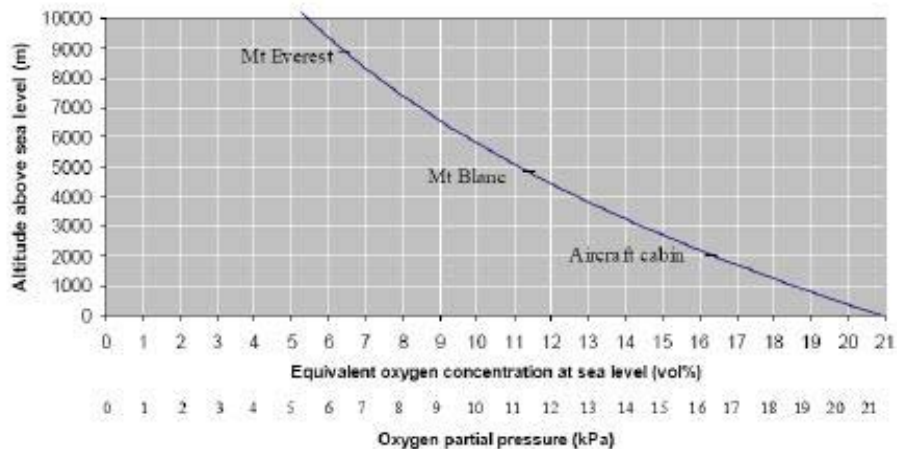


Figure 5: Equivalent oxygen concentrations at sea level versus altitudes /Lund University, referenced in 1/

Health risks

- public areas

- Exposure to: NO_x, SO₂, CO, CO₂ from:
 - Fossil fuel burning stoves
 - Traffic
- City centre dust pollution (PM₁₀, PM_{2.5}) from traffic
- Hypoxic air in aircrafts
- Living areas 1500-3000 m above sea level

Health risks - staff in fire protected premises

- CO₂
- Inert gas extinguishing
- Fire alarm, no extinguishing system

(Staff risk inhaling smoke when fighting small fires, risk back draft from starving fires and may be trapped by unintentional or real CO₂ or inert gas releases)

Table 1: Sample daily life environments posing accepted health risks /1/

Comme les limites fixées pour l'occupation sont jusqu'à présent établies pour des systèmes qui contrôlent l'alimentation en gaz inerte dans les locaux, reconnus pour présenter des distributions inégales, plutôt qu'une alimentation en air sous oxygéné prémixé et sûr, les limites doivent être réexaminées étant donné que cette technologie a introduit une marge de sécurité substantielle.

Il n'y a pas de documentation montrant qu'un air inerte à 13-17 % d'oxygène présente un risque équivalent ou supérieur à ceux listés dans le Tableau 1, si les personnes avec prédispositions sont averties tout comme c'est le cas lorsqu'elles prennent l'avion. Il s'avère impossible de comparer de tels risques sur base d'un seul critère, ainsi aucune documentation n'existe non plus pour prouver le contraire.

Plus probablement, considérant l'expérience des vols aériens – comportant de l'air hypoxique utilisé comme inertage – la ventilation par air hypoxique présente un risque moindre par rapport à tous les autres risques énumérés, lorsque les personnes susceptibles d'être affectées sont averties – comme lors de l'embarquement à bord des vols aériens. L'expérience observée parmi les populations humaines dans des zones d'altitude par rapport au niveau de la mer est également favorable, mais les vols aériens constituent un cas plus difficile à comparer car les individus y sont exposés à de brusques changements, d'air normal à air hypoxique, et les durées d'occupation y sont comparables à celles dans des locaux de bâtiments.

Pour la plupart des personnes, une occupation régulière et une pratique contrôlée dans l'air inerte va *améliorer* leur santé.

Performances et bénéfices de la ventilation par air inerte

La référence 1 analyse les différents arguments et les plaintes liées aux systèmes de ventilation par air inerte. Les objectifs de cette étude étaient la protection du patrimoine, mais les résultats s'appliquent pour toute bibliothèque où il existe une inquiétude quant aux dégâts dus à un incendie ou aux dommages secondaires causés par les manœuvres d'extinction. Les conclusions sont résumées dans le Tableau 2.

STATEMENT OF HYPOTHESIS	CONCLUSION
Pros:	
1 Prevent ignition (contrary to gas extinguishing systems)	Yes Does retard smouldering combustion as well
2 Prevent smoke release prior to fire extinguishing (contrary to gas extinguishing systems)	Yes
3 Prevent backdraught (contrary to gas extinguishing systems)	Yes Limited holding time of extinguishing systems allow for reignition or smouldering: may cause backdraught
4 Fully benign to environment (contrary to halon and other gas extinguishing systems)	Yes
5 Not toxic, no residue, no added risk of corrosion	Yes
6 Allow considerable room air leakage (contrary to gas extinguishing systems)	Yes Energy costs prohibit large leakage application
7 Allow open doors for rescue of artefacts, manual intervention, evacuation (contrary to gas extinguishing systems)	Yes
8 Do not run empty (contrary to gas extinguishing systems)	Yes
9 No refilling, transport or resetting issues following incidents	Yes
10 Applicable to small vital rooms and vaults	Yes
11 Applicable to very large room volumes (galleries or multistory, multi-room historic buildings)	Yes

12	Applicable to moderately leaky historic rooms where fixed permanent seals are not acceptable	Yes Energy consumption prevents cost-effective applications if very leaky. Imminent next generation membrane separators expected energy-efficient.
13	Applicable to protection of artefacts which are extremely sensitive to smoke, particles, water, corrosive gas or mechanical impact	Yes
14	The inherent simplicity promises high reliability.	Yes
15	No installation of nozzles, pipes etc in protected room (when inert air generators are integrated in planned or existing utility air conditioning systems)	Yes

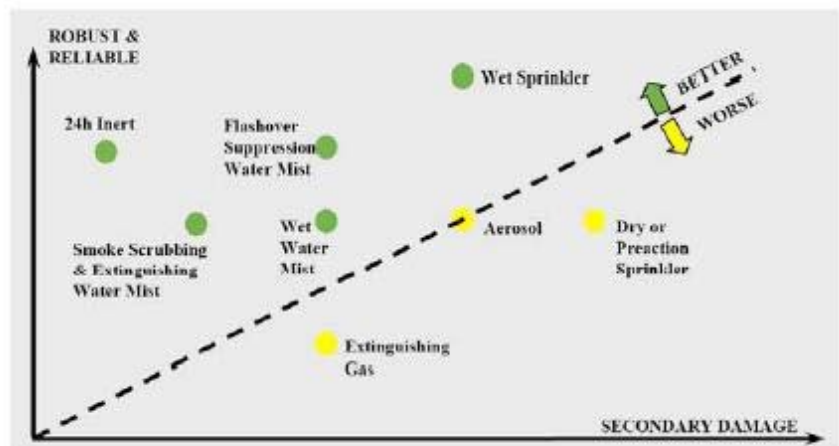
Cons and Challenges:

A	Health risk for predisposed individuals in <i>public</i> spaces	Yes Yet, inert air public exhibitions found acceptable when visitors informed.
B	Some fuels in special spaces like laboratories may require suppression mode and evacuation.	Yes
C	Secondary effects of continuous high concentration of nitrogen on fungus or other biological processes thriving by nitrogen.	No
D	Nitrogen feed systems may cause uneven oxygen levels and complexity to ensure inert air in multi-rooms.	Yes
E	Power consumption may cause high energy costs.	Yes If room very leaky in the normal state Imminent next generation membrane separators expected energy-efficient.

Table 2: Conclusions from independent evaluation of manufacturer claims and research hypotheses /1/

Une comparaison qualitative des options en matière de systèmes de protection contre l'incendie dans les environnements liés au patrimoine est fournie dans la Figure 6. Elle constitue un aperçu utile pour un examen qualitatif des paramètres, mais pas pour la prise de décision. La figure montre un positionnement favorable de la ventilation par air inerte, considérant l'absence de risque de dommage secondaire et la simplicité du concept.

Figure 6: A qualitative comparison of two vital properties of fire protection systems for heritage. CAUTION: The illustration does not apply to any single object, and relates to two properties only: risk of secondary damage and robustness/reliability. Thus, aesthetics, cost, maintenance, space requirements etc are NOT considered in this evaluation (see elsewhere in this report for evaluation of the latter properties). /1/



Exemples de conceptions de ventilation par air inerte pour la protection contre l'incendie dans les bibliothèques

La bibliothèque publique d'Arezzo – Un bâtiment du patrimoine hébergeant des objets de collection remontant au 13^e siècle

Le Palais Pretorio est un des bâtiments les plus renommés dans le centre historique de la ville. C'est un exemple de l'architecture médiévale et de la Renaissance ; il est issu de la réunion de trois bâtiments bâtis en 1200 et appartenant aux familles Guelph d'Albergotti, Lodemari et Sassoli. En 1209, le Palais Albergotti devient le siège du Capitaine de Justice, et en 1404 le Palais Sassoli, acquis par la ville-état, est transformé en prison. En 1632, le Palais Albergotti est également acquis par la Municipalité et la prison est agrandie. Ce n'est qu'en 1926 que la prison est déplacée vers un autre bâtiment de l'Avenue Garibaldi. Depuis cette date, les travaux de restauration ont démarré sous la supervision de l'architecte Giuseppe Castelluci. Ces travaux ont permis d'héberger le Musée médiéval et la Galerie municipale dans le Palais. Le Palais conserve les traces des occupations successives et des opérations de restauration arbitraires, avec une utilisation pragmatique des éléments architecturaux et sculpturaux, tels que les décorations et l'ameublement. Un plafond coffré datant des environs de 1600 a été retiré du monastère de la ville en 1930 et placé dans le bureau du directeur de la bibliothèque. Dans la mezzanine, on peut admirer un tabernacle de pierre de style gothique contenant une fresque de l'école Spinelli et décorée de la corniche typique constituée d'arches et de terminaisons lobées. Toutes les pièces du Palais témoignent des différentes périodes historiques, par l'intermédiaire de fresques, de plafonds en bois et de sculptures, qui guident l'imagination du visiteur vers le passé.



Figure 7: Arezzo Public Library

Le bâtiment comprend des archives, des locaux d'étude ainsi que des salles de conférences et des locaux de service général.

Les collections de la bibliothèque publique d'Arezzo sont constituées de 145.000 objets, parmi lesquels des livres et des documents, pour certains remontant au 13^e siècle. Il y a en outre des vitraux, des fresques et des décorations de marbre qui constituent des objets de valeur

susceptibles d'être endommagés par la fumée, la chaleur, les gaz corrosifs, l'eau, les chocs mécaniques, etc. Durant la journée, le bâtiment est occupé de 08h30 à 17h par le personnel et les visiteurs.

A l'heure actuelle, les bâtiments sont uniquement ventilés de manière naturelle et il y a des ouvertures d'environ 0,2 cm autour des fenêtres et des portes. Environ 50 % au maximum de la partie ouverte des portes peut de manière réaliste être ouverte lors d'un incendie, difficile à évaluer.

Le bâtiment est construit en briques. Il ne comporte ni gaine, ni vide technique, etc. actuellement utilisés pour le passage de canalisations, ou qui pourraient être utilisés comme conduite d'air ; il est difficile de trouver de l'espace disponible pour les équipements des systèmes d'inertage (l'espace requis est similaire aux autres systèmes) ou réservés uniquement à des systèmes d'extinction automatique.

Outre les préoccupations générales concernant l'utilisation de systèmes d'extinction automatique conventionnels (à base d'eau, de gaz, etc.), le bâtiment présente les défis suivants :

- système à base d'eau : difficulté d'incorporer une tuyauterie, un réservoir d'eau
- système à base de gaz : impossibilité de réduire suffisamment les fuites du bâtiment et des pièces individuelles en vue de garantir une rétention suffisamment longue du gaz

Dans le Tableau 3, chaque zone est décrite en fonction du type et de la durée d'occupation. La proportion en oxygène suggérée pour un environnement hypoxique et la solution technique sont présentées dans le Tableau 4.

Area	Occupancy type	Occupancy time in hours per day
Public rooms e.g. conference rooms, exhibition areas and general public area	Public	8
Study rooms	Public	8
Offices	Non-public	8
Technical/service rooms (e.g. toilets)	Non-public	0,5
Storage rooms	Non-public	0,5
Archives	Non-public	1

Table 3 Building areas



Figure 8: Heating plant and part of interior.

Pour ce bâtiment, chacune des trois solutions est réalisable :

- Unité centrale; distribution de l'air hypoxique par ventilation naturelle
- Installations locales pour des zones déterminées
- Unités locales de génération d'air hypoxique supportée par un compresseur central

Si le courant d'air naturel permet une situation en air hypoxique stable et sûre dans les différentes zones du bâtiment, soutenue par une unité centrale de génération d'air hypoxique, ceci constitue la solution la plus réalisable, car dans ce cas, l'installation ne cause aucune modification irréversible au bâtiment. Cependant, une telle solution doit être étudiée plus en profondeur en se basant tant sur des mesures que sur une analyse de la circulation de l'air.

Une autre solution pourrait être de protéger des zones définies, telles que les archives, par des installations locales comme illustré à la Figure 9. Ces zones seraient protégées de manière suffisante, mais le reste du bâtiment resterait exposé à un risque. Avec cette solution, il faudrait également prendre en considération les fuites d'air provenant des pièces et dues aux portes ouvertes et à l'infiltration.

La dernière option est d'installer des unités de génération d'air hypoxique dans différentes zones, supportées par un compresseur central. Ceci constitue une solution sûre et contrôlée, mais requiert l'installation d'une unité de génération d'air sous oxygénée relativement importante et un système de conduites pour la distribution de l'air comprimé.

Pour ce bâtiment, nous estimons que le volume brut des zones à protéger est approximativement de 6.000 m³. Un renouvellement d'air par jour requiert une demande en énergie de 25 kW, et 300 kW permettraient 12 renouvellements d'air par jour.

Area	Acceptable hypoxic air (health)	Recommended hypoxic environment	Technical solution
Public rooms e.g. conference rooms, exhibition areas and general public area	15,5-17,4 %	16 %*	Linked to compressor system/ Single, separate hypoxic air system / supported by natural air flow
Study rooms	15,5-17,4 %	16 %*	Linked to compressor system/ Single, separate hypoxic air system / supported by natural air flow
Offices	15,5-17,4 %	16 %*	Linked to compressor system/ Single, separate hypoxic air system / supported by natural air flow
Technical and service rooms (e.g. toilets)	13-15 %	15 %*	Linked to compressor system/ Single, separate hypoxic air system / supported by natural air flow
Storage rooms	13-15 %	15 %*	Linked to compressor system/ Single, separate hypoxic air system / supported by natural air flow
Archives	15,5-17,4 %	16 %*	Linked to compressor system/ Single, separate hypoxic air system / supported by natural air flow

* To be reviewed in detailed design

Table 4 Recommended Inert (hypoxic) Air Design Values for Arezzo Public Library /1/

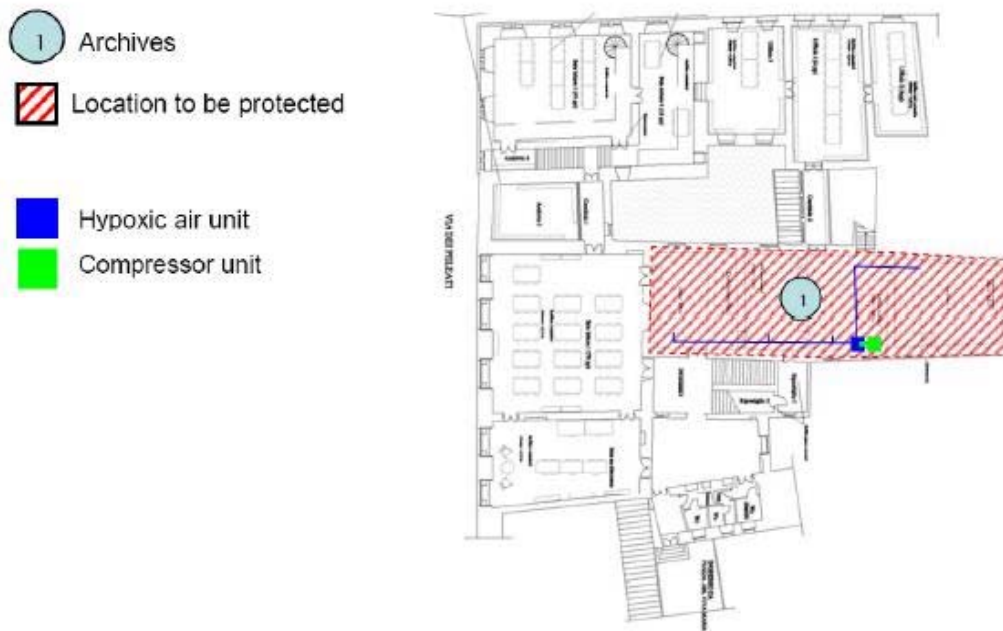


Figure 9: Limited area installation

Nouvelles bibliothèques modernes à Oman

Deux nouvelles bibliothèques – le nouveau bâtiment de l’Université d’Oman (7 étages et 64.000 m³) et la Bibliothèque publique de Nizwa – font actuellement l’objet d’une étude de protection intégrale par air inerte. Selon les plans, elles pourraient être simplement équipées de générateurs d’air hypoxique et de compresseurs au sein de chaque système HVAC (chauffage-ventilation-air conditionné) – une bibliothèque comprend 14 systèmes. Plus d’un millier de visiteurs peuvent être présents à tout moment. Des aménagements standards de protection contre la poussière, contre les conditions météorologiques défavorables et contre les fuites du bâtiment font en sorte que l’atmosphère protégeant de l’incendie est stable et que la consommation en énergie est minimale. Même si l’alimentation de secours fait défaut en cas de menace d’incendie, tous les locaux resteront convenablement protégés pour une durée importante grâce à une atmosphère qui ne se diluera que lentement.

Conclusion

La ventilation par air inerte (hypoxique) peut être considérée comme très prometteuse pour une utilisation dans toutes les catégories de locaux de bibliothèques.

L’air inerte empêche l’ignition, la formation initiale de fumée et la propagation de l’incendie. Les locaux de stockage, les espaces occupés par le personnel et le public peuvent être protégés. Les espaces accessibles au public devraient faire l’objet des mêmes recommandations que pour les avions, en n’autorisant pas les personnes susceptibles de ne pas supporter l’air hypoxique, étant donné que l’air inerte atmosphérique est équivalent à celui des cabines d’avions. Les tuyauteries, les gicleurs et tout autre équipement ne sont pas requis dans les locaux protégés. Aucun ventilateur local, aucun capteur dans les pièces, aucune détection et aucun système d’activation ne sont nécessaires. L’air inerte est généré en permanence sur site, n’exigeant qu’un minimum de place. Les générateurs se couplent au système HVAC et aux compresseurs. Aucun réservoir susceptible d’être vidé ou nécessitant un remplissage, comme c’est le cas pour les systèmes conventionnels d’extinction par CO₂ ou gaz inerte.

Il n'y a virtuellement aucun risque de dommage secondaire, de risque pour l'environnement ou de risque chimique. L'air inerte contribue de manière positive à la réduction de la détérioration naturelle des objets organiques et non organiques, ainsi que de leur cadre.

Un défi à relever pour l'implémentation des systèmes à air inerte : l'optimisation du coût énergétique, qui dépend fortement du taux de renouvellement d'air et des fuites. Les compresseurs doivent être placés et isolés de manière à réduire le bruit. Une analyse doit être effectuée afin de déterminer que toute substance particulière susceptible de s'enflammer à une concentration basse en oxygène fasse l'objet de mesures particulières comme par exemple un système d'extinction à gaz inerte, ou en incorporant une option autorisant un mode de suppression d'air inerte.

Certaines limites réglementaires nationales relatives aux niveaux d'oxygène dans les espaces confinés requièrent une autorisation spéciale ou des mesures organisationnelles telles que le contrôle du personnel ou du public afin de prévenir l'accès aux locaux aux personnes sensibles ou prédisposées aux maladies cardiaques etc.

Les conclusions relatives aux hypothèses de cette étude sont résumées dans le Tableau 2. La simplicité inhérente de la ventilation par air inerte promet une fiabilité dépassant largement la plupart des systèmes de protection contre l'incendie actuellement en service.

Un environnement en air inerte dans un bâtiment ou une chambre-forte contribuera de manière positive à la réduction de la détérioration naturelle des objets organiques et non organiques, ainsi que de la décoration intérieure des bâtiments historiques.

Si une quelconque lacune de connaissance en matière de santé existe, c'est tout autant pour ce qui concerne l'amélioration de la santé, qu'en ce qui concerne un risque pour la santé des occupants.

Le défi principal semble être celui de la réduction des coûts dus à la consommation en énergie pour des applications qui requièrent une grande fréquence de renouvellement d'air ou subissent une grande proportion de fuite. Une ingénierie soigneuse des unités de génération d'air hypoxique et la manière de les incorporer dans les systèmes HVAC peuvent compenser cet aspect. Tant les générateurs d'air hypoxique que les générateurs d'azote sont des technologies relativement nouvelles en ce qui concerne la production de masse, et des unités plus performantes sont attendues. Non des moindres, lorsque des analyses sont effectuées dans des situations spécifiques afin d'établir le régime de renouvellement d'air, elles peuvent faire apparaître que les limites réglementaires fixées sont trop strictes et ainsi permettre des économies d'énergie.

Contrairement à la plupart des autres agents extincteurs, l'air inerte est prometteur pour une protection effective durant les évacuations liées aux incidents terroristes incluant l'incendie et les agents toxiques dans les structures. L'air inerte peut aussi protéger les bibliothèques dans le cas d'incidents de grande ampleur similaires, et autoriser l'évacuation et le sauvetage d'objets de valeur.

Le bâtiment de la Bibliothèque publique d'Arezzo présente des défis modérés en ce qui concerne l'implémentation d'une telle installation, tout en présentant une valeur culturelle irremplaçable. C'est pourquoi, il devrait bénéficier des apports principaux des systèmes à air inerte. Des études de cas concernant trois bâtiments importants pour le patrimoine ont conclu que tous les bâtiments peuvent être correctement protégés par des systèmes à air inerte continu (air hypoxique) conçus de manière correcte. Une couverture totale par ventilation à

air inerte est actuellement planifiée pour deux nouvelles bibliothèques publiques du Moyen-Orient.

Références

1. Jensen, Gussiås, Melgård, Fjerdings (COWI AS), Holmberg (Haftcourt Ltd) : Hypoxic Air Venting for Protection of Heritage. Historic Scotland and Riksantikvaren the Norwegian Directorate for Cultural Heritage. Provided for COST - the European CO-operation in the field of Scientific and Technical Research - Action C17 Built Heritage: Fire Loss to Historic Buildings. June 2005.