VITAL SIGNS

HEALTH AND THE BUILT ENVIRONMENT: Indoor Air Quality

건축환경연구실 석사 1차 차진영, 원종연

차 례

1.0	INTRODUCTION	1
Objectives		
Overview		
Indoor Air Quality and Architecture		
2.0	HISTORIC OVERVIEW	2
3.0	HUMAN HEALTH AND WELL-BEING	3
3.1	Human Comfort	
3.2	Toxins and the Body	
3.3	The Importance of Indoor Air Quality	
3.4	Sick Building Syndrome and Building Related Illness	
3.5	Environmental Sensitivity	
4.0	ENVIRONMENTAL CONTAMINANTS	9
4.1	Sources of Indoor Contaminants	
5.0	MITIGATION STRATEGIES FOR HEALTHY INDOOR AIR	14
5.1	Education	
5.2	Source Reduction	
5.3	HVAC and Ventilation	
5.4	Building Maintenance	
6.0	CONCLUSION	18
7.0	GLOSSARY	19
8.0	ANNOTATED BIBLIOGRAPHY	22

1.0 INTRODUCTION

Objectives

IAQ관련 Vital Sing Resource Package의 목표는 다음과 같다.

1. 건축학도들에게 IAQ 등 실내 환경과 관련된 문제점들을 소개
2. 학생들에게 건물 관련 질병들의 원인과 영향에 관한 기초 지식을 제공
3. 학생들이 IAQ와 관련된 특정 문제점들을 평가하는데 필요한 기술을 증진시키고 원인을 규명, 경감 방법을 제안할 수 있도록 하기 위해
4. 건물 사용자의 건강과 복지에 기초한 창조적인 건물 디자인과 계획을 수용할 수 있도록 하기 위해

Overview

이 Vital Sign Resource Package는 거주자의 안락과 건강에 영향을 미치는 환경적 요소들을 정의한다. 건강한 IAQ의 달성을 위해서는 포괄적이고 다양한 방면에서의 디자인, 시공, 건물의 관리가 필요하다.

첫 번째 부분은 역사적인 발전과정과 이 이슈가 왜 중요시 되어가고 있는지에 대해 논의함으로서 IAQ의 중요성에 대해 설명한다. 또한 좋지 않은 IAQ가 인간의 건강에 어떤 악영향을 끼치는지에 대한 논의를 통해 인간이 거주하는 건물을 디자인할 때 건축가 역할의 중요성을 강조한다.

두 번째 부분은 유독가스를 내는 건물의 재료, 마감재, 가구 등의 실내 오염원들에 관한 내용이다. 환기와 같이 실내 오염을 조절하는 방법에 관해 논한다. 환기는 건물의 공기 중에 떠도는 오염물질을 제거하는 가장 효과적인 방법이지만 환기시스템은 그 차체로 부적절한 공기의 분배, 침기, 시스템 디자인, cross contamination등의 주요 실내 공기 오염 원인이 될 수 있다.

세 번째 부분에서는 현장 기록의 세 가지 단계를 보여줌으로써 학생들이 IAQ평가를 어떻게 수행할 것인가를 알려준다. 현장실험기록의 세 가지 단계는 점차 세밀화 되고 상호 구축해 나갈 수 있도록 고안되었다. 학생들과 실험자는 실험평가의 적정레벨을 선택해야 한다.

Vital Sign Package는 IAQ에 관해 다루고 있으나 재실자의 안락과 건강, 복지에 영향을 미치는 다른 환경적 요소들에 대해서도 논의할 것이다.

Indoor Air Quality and Architecture

건축 디자인은 아름답고 기능적인 공간을 창조하는 것이다. 이 관점은 부인할 수 없는 진리이지만 '미'의 기준을 잘 생각해봐야 할 것이다. 건축을 수행하는 것이 미학적인 것 이외의 여러 가지 요소들도 포함하여 균형을 맞추는 행위임에도 불구하고 디자인 미학에서는 흔히 건축에서의 성공과 아름다움을 동일시한다. 성공적이고 아름다운 건물을 이루기 위해서는 기능성, 실행성, 빌딩 사이언스, 재실자의 안위와 안전, 건강 등의 문제들이 요술을 부리듯 다뤄져야 한다.

건물에 대한 이러한 접근방식은 모든 기관, 조직, 근육 등이 상호 관계되어 있는 인체의 기능과 유사하다. 마찬가지로 건강한 실내공기환경을 유지하기 위해서는 건물의 마감, 가구, 실내 조경, 기계적인 설비, 건물 유지 보수, 에너지 효율과 지속가능성 등에 대한 고려를 포함한다. 이 목록들은 건물 디자인과 시공 과정에서 어떻게 통합적인 접근방식을 포함하여 깨끗한 실내 공기를 제공할 것인가를 설명해준다. 과거에 IAQ는 건축가와 기술자, 인테리어 디자이너등 디자인 전문가들에게 간과되었다. 팀웍에서 상호 존중과 통합성이 건강하고 깨끗한 실내환경을 향한 변화에 유리할 것이다. 디자인 과정에서의 리더격인 건축가는 재실자의 건강과 복지를 보장하고 유지할 필요성을 인식시킬 수 있는 좋은 위치에 있다.

2.0 HISTORIC OVERVIEW

건물 환경과 관련된 건강 문제는 동굴 거주자들이 그들의 원시적인 은신처에서 연기를 내보내기 위해 투쟁해왔던 것에서 시작했다고 볼 수 있다. “의학의 아버지”라 불리는 그리스 철학자 히포크라테스는 건강이 작업공간이나 거주공간과 연관이 있다는 것을 처음 발견한 사람이다. 그의 저서 “On Air, Water and Places"에서 히포크라테스는 질병은 노한 신의 처벌이 아니라 좋지 못한 대지환경의 직접적인 표식이라고 언급했다. 히포크라테스에 의하면 바람, 태양, 비 등에 의한 공기, 물, 음식, 일반적인 생활 조건의 질은 모두 인간의 복지에 영향을 미친다고 한다.

산업혁명은 밀폐된 환경에서 인간 건강의 극한 악화를 초래했다. 공장 노동자들은 가혹한 환경의 지배를 받았고 18~19세기의 기계, 화학 산업 과정 대한 노출은 치명적이었다. 예를 들어 영국의 Sheffield에서는 “grinder' asthma”라는 상태는 생업으로 칼을 만드는 사람에게 걸리는 병이었다. 평균적으로 grinder는 기대 수명이 30년이었다. 당시 Sheffield의 거주자들 사이에서는 “과음은 grinder들이 일을 멀리할 수 있게 해주므로 그들의 수명을 연장해준다.”는 무시무시한 유머가 나돌았다.

이러한 상태가 계속되어 결국 좀더 안전한 건물 환경을 요구하는 법을 만들게 되었고 이와 유사한 발달과정이 주거와 작업 환경에서도 이루어지고 있다. 실내 환경, 특히나 IAQ와 관련된 현대의 건강 문제들은 지난 45년간 다음의 4가지 기본적인 발달과정을 통해 규명할 수 있다.

- 실내에서 보내는 시간의 증가
- 인공생산물에 대한 의존도의 증가
- 에너지 보존 기술
- 의학의 진보

2.0.1 Amount of Time Spent Indoors

평균적으로 사람이 실내에서 보내는 시간은 몇 가지 요소에 의해 현저하게 증가했다. 전후 시대에는 시골에서부터 도심지로의 대규모의 인구이동이 있었다. 이 변화는 실내 활동의 증가를 초래했다. 예를 들어 눈에 띠게 공장이나 사무실 내에서의 작업 활동이 증가하였다. 또한 스포츠나 쇼핑등도 주로 실내에서 행해졌다. 이러한 요인들은 자동차 의존도의 증가와 결합하여 사람이 하루평균 95%이상의 시간을 실내에서 보내도록 유도했다.(이 자료는 추운 기후지역에서의 생활방식이므로 온화한 기후지역에서는 좀더 다양할 것이다.)

2.0.2 Increasing Dependence on Artificial Products

화학 관련 산업은 1940년대 후반부터 광범위한 발전을 해왔다. 이 경험은 화학 산업이 건축자재, 화장품, 클리너, 흡수제, 섬유 등의 상업적이고 실용적인 환경으로 유입되는 결과를 가져왔다. 그러나 인간은 맞서 싸워야 할 거대한 화학적 노출에 내던져졌다. “현재, 미국 환경보호청(EPA)에서 4백만 가지의 화학물이 발견되는데 그 중 6만은 상업적으로 만들어진 것이며 매일 3가지의 화학물이 새로 만들어지고 있다.”

2.0.3 Energy Conservation

1970년대 초반의 “석유파동”은 여러 산업분야에서 에너지 보존방안의 발전에 영향을 미쳤다. 건축 산업에서는 ‘기밀성’을 통한 에너지 효율이 강조되었다. 이러한 디자인에 의해 에너지 보존은 성공적으로 이루었지만 한편으로 기밀성이 높은 건물에서의 거주자들은 건강을 잃게 되었다. 기밀성은 신선한 공기의 유입으로 오염된 공기를 건물 밖으로 내보낼 수 있는 환기를 감소시킨다. 지속성과 에너지 효율은 자원이 제한된 현대사회에서 여전히 중요한 이슈이다. 따라서 건물에서의 에너지 보존방안은 거주자의 건강과 균형을 맞추어야 한다.

2.0.4 Advances in Medicine

의학 분야는 지난 45년 동안 비약적인 기술 발전을 해왔다. 이러한 발전은 사람들이 과거에 살수 없었던 상황에서도 살아남을 수 있도록 하고 수명을 연장시킨다. 따라서 의학의 발전은 육체적으로 약한 사람들이 부적당한 환경의 증가에서도 버텨나갈 수 있도록 한다. 이런 사람들은 위의 세 가지 요인에 의한 오염된 환경에 맞설 능력이 적기 때문에 'environmentally sensitive(환경적으로 민감한 사람)'로 분류되어 왔다. ‘environmentally sensitive’는 환경오염 정도가 낮은 곳에서도 견디기 힘들다. 그들은 일명 카나리아로 여겨지는데 역사적으로 카나리아는 실내의 유독 가스를 인지하여 경고하기 위한 목적으로 탄광에 가지고 들어갔던 새였다. 카나리아는 공기 중의 오염물질에 대해 민감하기 때문에 사람들보다 일찍 유독가스에 반응할 수 있다. environmentally sensitive로 고통 받는 사람들은 증가하는 환경오염에 대해 일반인에게 경고를 할 수 있는 1990년대의 카나리아일 것이다.

3.0 HUMAN HEALTH AND WELL-BEING

질병이 나타나기 전까지는 건강에 대한 개념을 잘 고려하지 않는다. WHO(World Health Organization)에서는 건강을 다음과 같이 정의한다. “건강은 단지 질병이 없는 상태가 아닌 신체적, 정신적, 사회적으로 온전한 상태이다.”
건강을 유지하는 것은 복잡한 여러 요인들 사이의 균형 잡힌 상호작용에 의존한다. 앞의 정의가 내포하듯이 단순히 육체적으로만 질병으로부터 자유로운 것이 건강한 것을 말하는 것이 아니라 정신적, 심리적으로 좋은 상태에 놓여 있는 것이 인간의 건강에서 중요한 것이다. 이 개념과 마찬가지로 인간의 안락 역시 여러 변수에 달려있다.

3.1 Human Comfort

재실자의 안락을 보장하기 위해서는 다음의 환경 조건들이 상호 보완되어야 한다.

· 실내 기온
· 평균복사온도

· 상대습도
· 기류
· 조도
· 음향
· 공기의 질
· 기타 요소들

재실자의 안위를 논하기 위해서는 이 요소들에 대해 먼저 다루어야 한다. 이들이 재실자가 자기 주변의 환경을 어떻게 인지하는가에 영향을 미치기 때문이다. 게다가 위에 나열한 것과 같은 환경적인 스트레스 요인들은 열악한 IAQ에서 나타나는 반응과 비슷한 증상을 유발할 수 있다. 이 요소들과 이들이 인간의 건강에 어떻게 영향을 미치는지를 이해해야 실내 오염균이 재실자의 불만족에 영향을 미치고 있는지 아닌지에 대해 평가할 수 있을 것이다.

위의 네 가지 조건들(실내기온, 평균복사온도, 상대습도, 기류)은 대류, 복사, 발한, 호흡 등에 의해 “인체가 열을 얻거나 잃지 않는 열적 중립상태”로 정의되는 열쾌적을 결정하는 요소이다. 인체에서 일어나는 열획득과 열손실의 불균형 때문에 피부 온도가 올라가거나 낮아진다. 이는 신체적인 스트레스에 의해 안락하지 않다고 여겨지는 온도에서 나타나는 변화이다. 열 쾌적에 영향을 미치는 요소들에 대한 좀더 자세한 설명이 필요하면 Florida A&M University의 Walter Grondzic이 저술한 "HVAC Components and Systems"를 참조하라.

3.1.1 Indoor air temperature는 재실자의 안위와 환경 인지에 중대한 영향을 끼친다. 실내기온이 너무 따뜻하다면 인간은 기류가 거의 없는 무더운 환경으로 인지한다. 이 상태는 무기력과 피로를 유발한다. 또한 높은 온도에서는 가구나 마감재, 건축 자재 등에서 유독가스가 발생한다. 대가 온도가 너무 차가우면 재실자는 떨림, 부주의, 근육과 관절의 긴장등과 같은 불쾌감을 느끼게 된다.

3.1.2 Mean radiant temperature 혹은 복사 영역은 벽, 천정, 창문 등의 표면 온도로서 측정된다. 이 표면 복사는 둘러싼 표면과 인체에 열을 가하거나 열을 흡수하여 불쾌감을 유발한다. 예를 들어 차가운 유리 표면 근처에 있는 사람은 유리 표면으로 열을 잃게 되기 때문에 추위를 느끼게 된다.

3.1.3. Relative humidity는 공기가 흡수할 수 있는 수증기 용량에 대해 대기중에 포함된 수증기의 퍼센트 단위이다. 상대 습도는 기온에 영향을 받아 높은 온도에서는 낮은 온도에서보다 더 많은 양의 수증기를 포함할 수 있다. 상대습도가 너무 낮으면 점막에 자극이 생기게 된다.

3.1.4 Air movement는 팬, 난방로, 자연 대류, 누기, 사람의 이동 등에 의해서 발생한다. 공기의 움직임은 대류와 인체의 증발 열손실을 증가시키며 외풍에 의해 불쾌감을 조성하기도 한다.

3.1.5 적절한 illumination(조도)은 그 조명의 양과 질, 배치에 달려있다. 조도가 적절치 않으면 재실자는 눈의 피로와 두통을 느끼게 된다. 게다가 지속성과 강도, 파장 등은 인간에게 계절적 정서 장애(SAD : seasonal affective disorder : 겨울철이 되면 반복되는 우울증)를 유발할 수 있다. 조명에 관한 좀더 상세한 정보를 원한다면 University of Southern

California, Los Angeles의 Mark Schiler and Shweta Japee가 저술한 “Interior Illuminance, Daylight Control and Occupant Response"를 참고하라.

3.1.6 sound의 질은 재실자가 실내 환경을 인지하는데 중대한 영향력을 가지고 있다. 크고 갑작스런 소음은 사람을 깜짝 놀라게 하여 과도한 스트레스의 원인이 된다. 이와 마찬가지로 적절하지 못한 음향적 프라이버시는 재실자에게 심리적인 스트레스를 동반한 불쾌감을 주게 된다.

3.1.7 air quality는 그 오염물질에 따라 다방면으로 인간의 안위에 영향을 미친다. 공기중의 오염물질은 유해한 일산화탄소등과 같은 유독물질을 말한다. 공기중에는 말 그대로 수천가지의 오염물질이 있으며 인체에도 다양하게 영향을 끼친다. 따라서 유독물질과 그 증상들이 인체에 영향을 미치기 이전에 어떻게 대처해야하는가에 대해 알아둘 필요가 있다.

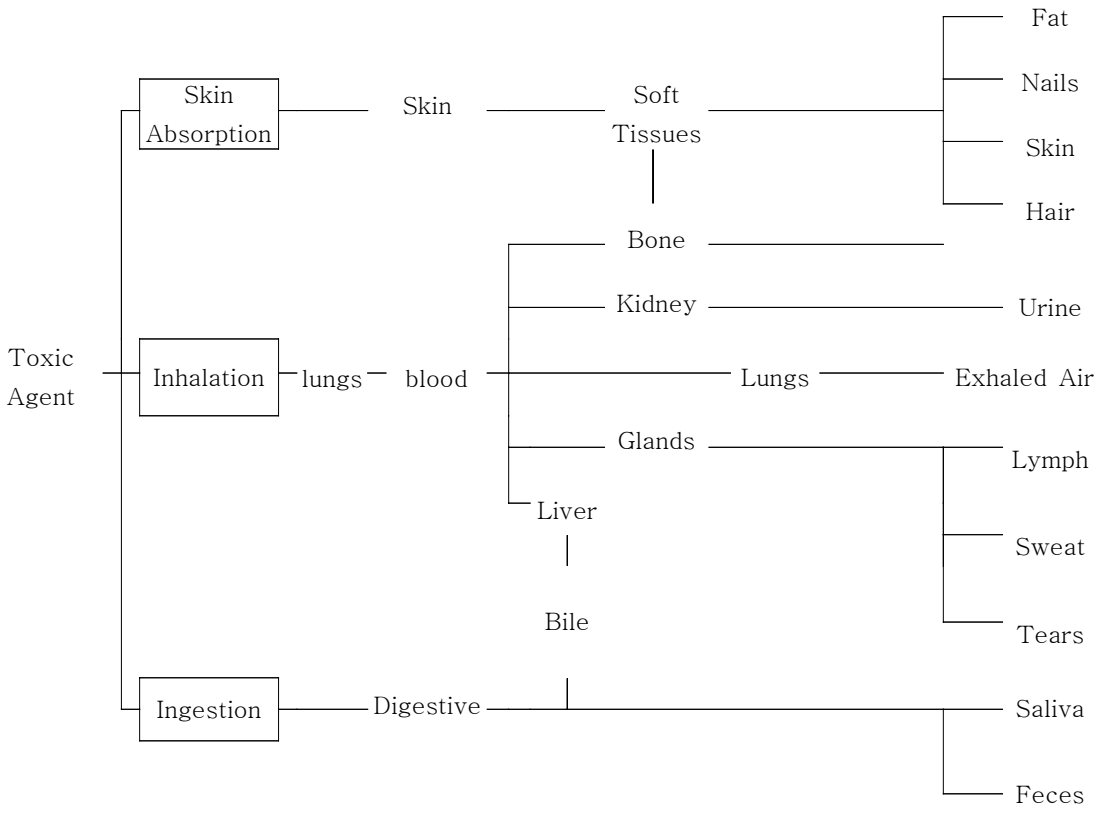
3.1.8 실내에서 인간의 쾌적함에 영향을 미치는 요소는 매우 다양하며 가구의 안락함, 실내 조절 온도, 재실자들 간의 관계 등도 포함한다(육체적, 심리적으로). 예를 들어 사무실의 경우 직원들이 서로 간에 조화로운 관계를 이루지 못한다면 과도한 심리적 압박으로 고통받게 될 것이다. 위에 언급된 모든 요소들은 재실자가 어떻게 주변환경을 인지하는가에 영향을 끼친다. 이는 재실자의 불평을 파악하는 중요한 이슈이며 재실자들에게 불필요한 스트레스를 가하며 신체적, 정식적으로 IAQ의 문제에 약하게 만드는 원인이 될 수도 있다.

3.2 Toxins and the Body

인체는 호흡, 음식의 소와, 노폐물의 배설등과 같은 수많은 기능들이 상호 작용하는 복잡한 것이다. 이 기능들이 진행되는 한편 인체는 선천적인 방어절차에 의해 오염물질들과 싸운다. 이러한 일상의 기능을 통해 인체는 항상성이라는 균형상태를 이룬다. 항상성이 붕괴될 때 질병에 걸리게 되는데 인체의 유전자 구성양식, 노출된 환경, 스트레스의 정도 등에 따라 질병에 걸리게 된다.

유해물질이 인체 내부로 들어오는 경로는 다양한데 공기중의 유해물질이 인체로 들어오는 가장 두드러진 경로는 다음과 같다.

· 호흡
· 피부에서의 흡수
· 음식물의 섭취



3.2.1 공기중의 유해물질 대부분이 호흡에 의해 인체로 들어온다. 호흡의 가장 주요 기능은 인체 조직에 산소를 제공하고 과도한 이산화탄소를 제거하는 것이다. 호흡기관은 다음의 세 가지 주요 부분으로 나누어진다.

· 상부 기도 계통(코, 입, 후두, 인두)
· 조절 기관(기관, 기관지, 말단 기관지)
· 호흡작용 기관(호흡기관, 폐, 폐포)

공기는 코를 통해 들어가면서 점차 온도가 올라가고 가습이 된다. 공기는 말단부와 기관지를 통과하여 폐포에 도달한다. 그 안에서 산소와 이산화탄소의 교환이 이루어지게 된다.

공기중의 유해물질 영향에 따른 인체의 건강은 물질의 중류에 따라 다양하게 나타난다. 호흡기관을 통해 인체로 들어가는 가스는 폐포를 통해 혈액에 섞여 몸 전체에 운반된다. 이때 혈유에 오염물질이 들어가 있으면 단지 호흡계통뿐 아니라 육체적, 신경학적, 정신적 질병과 행동이상 등의 문제를 유발할 수 있다.

호흡계통에 들어가는 섬유조직과 5㎛보다 큰 지름의 분자는 점액질과 콧속의 털, 기관의 섬모 등을 통해 걸러진다. 이렇게 걸러진 입자들은 재채기나 기침에 의해 밖으로 내보내진다. 이렇게 해서 배설되지 못한 입자가 많이 포함된 타액은 소화기간을 통해 내보내진다. 그러나 일부 지금이 5㎛이하인 먼지입자들은 호흡기관의 방어 시스템에 의해 걸러지지 않을 만큼 작다. 미립자에 의한 문제는 인체의 방어능력과 폐로 들어가는 정도에 따른다. 작은 먼지입자의 경우 호흡기관으로 침투하기 쉬우므로 더 해롭다.

3.2.2 피부 흡수작용에 의해서도 인체로 유해물질이 들어올 수 있다. 일반적으로 피부는 훌륭한 방어벽이지만 유해물질을 흡수할 수도 있다. 잠정적으로는 유해물질이 혈액속으로 들어와 여러 기관에 영향을 미칠 수도 있다. 예를 들어 살충제의 경우 피부로 들어올 수 있다. 산, 알칼리, 유기용제, 표백제 등의 유독물질은 피부 장벽을 파괴시켜 접촉 부위에 해를 끼친다. 크레졸, 유독성금속, 납, 수온, 아연, 카드뮴 등의 유해물질은 피부속으로 접촉을 통해 들어가 해를 끼치게 된다.

3.2.3 화학물질은 음식물 섭취등에 의해 몸속으로 들어갈 수 있다. 음식과 음료수는 오염된 공기에 노출되면 공기중의 유해물질을 흡수한다. 이러한 화학물질이 쌓인 음식은 인체내에 들어와 이 물질들을 내어놓게 된다.

3.3 The Importance of Indoor Air Quality

50년 전 Canada Mortgage and housing Corporation(CMHC)는 캐나다 인구의 6%가 호흡기계통에 문제점이 있다고 평가했다. 이 평가는 현재 전체 인구의 25%까지 증가했다. 이 조사에 따르면 최근 들어 IAQ문제가 점점 증가하고 있는 것이다. 미국에서는 1991년 약 15%의 미국인이 Chemical sensitivity로 고통 받고 있다고 평가했다.

깨끗하고 건강한 실내 환경을 만들고 유지하는 것이 필요하고 중요하다는 것은 분명하다. 현재, IAQ는 건물 재실자의 증상이 보고 될 때만 문제가 되고 있으나 재실가자 참을 수 없을 정도가 될 때까지 기다리는 것으로는 만족할만한 수준이 되지 못한다. 모든 건물(낡은 것이나 새것이나)은 재실자가 만족할만한 적정 실내 환경을 유지해야 한다.

3.4 Sick Building Syndrome and Building Related Illness

발생(표현)의 다양함은 열악한 IAQ에 의해 발생하는 Sick Building Syndrome(SBS)이나 Building Related Illness(BRI), Environmental Sensitivity등의 질병과 관계가 있다.

Sick building syndrome은 building related illness와는 다른 것으로 sick building syndrome의 증상은 일반적으로 한 가지 원인이나 질병등과 동일시 할 수 없는 것들이다. World Health Organization(WHO)은 다음과 같은 증상들을 sick building syndrome이라고 규정짓는다.

· 눈, 코, 목의 염증
· 건조한 점막과 피부
· 붉은 반점
· 정신적 피로감
· 두통
· 잦은 기침과 감염
· 목쉼, 가려움 등
· 메스꺼움과 현기증

특성상 sick building syndrome의 증상은 재실자인구의 20%이상에 널리 퍼진다. 반면 building related illness는 몇몇의 재실자들만이 증상을 호소한다. SBS의 또 다른 두드러진 특성은 건물 밖으로 나오게 되면 증상이 사라진다는 것이다. SBS발생의 대부분은 사무실 건물에서 나타나며 환기와 기계적 시스템의 재정비로 완화시킬 수 있다.

1987년 U.S.A National Research Council에서 정의한 바에 의하면 Building related illness는 특정 병상증후군을 일으키는 실내 오염물질에 노출되어 발생하는 질병이다. 질병의 성질은 건물에 존재하는 오염물질에 따른다. 예를 들어 Bio-aerosol에 노출되면 발열과 진폐증 같은 증상이 나타나며 라지오넬라균에 노출되면 재향군인병을 일으킨다. 이 증상들은 건물 밖으로 나와도 완화되지 않는다. BRI에 대한 가장 효과적인 대처방안은 건물의 특정 오염물질을 찾아내어 제거하는 것이다.

실내 환경에 의해 발생하는 두 가지 타입의 질병은 IAQ평가 시 혼란을 초래하기도 한다. 때때로 이 질병들은 한 건물에서 동시에 발생하기도 하며 한편으로는 BRI와 SBS를 착각하기도 한다. 이 정의는 실내 공기 문제와 건강문제의 완화와 같은 문제점을 구별하는데 유용하다.

3.5 Environmental Sensitivity

Environmental Sensitivity는 인체가 환경오염의 문제를 나타내는 증상이다. 환경적으로 민감한 이 사람들은 환경 오염균에 노출되면 일반인에 비해 한층 심한 증상을 나타낸다. 상대적으로 낮은 실내 공기 오염농도라 하더라고 민감도가 높은 사람들에게는 해로운 영향을 미친다.

sensitivity의 다른 종류들이 있으며 이는 생화학적 특성과 인체의 영양상태, 총 신체 부담 등의 복잡한 상호관계에 의해 정해진다. 생화학적 특성은 개개인의 유전자 특성에 따르며 영양상태는 내분비 호르몬, 면역체계 등 상호의존적인 시스템에 중요한 영향을 미친다. 총 신체 부담의 개념은 인체가 직면하는 육체적, 심리적, 화학적, 생물학적인 스트레스를 말한다.

environmental sensitivity는 하나의 급성 원인이나 높은 농도에 대한 노출, 낮은 농도에서의 반복적이고 누적되는 노출이나 이들의 조합에 의해 빠르게 나타날 수 있다. 두개 이상의 요인이 동시에 작용하여 복합적인 효과를 나타내기도 한다. 여러 다른 종류의 유독성 물질의 복합적인 영향은 밝혀내기 어려운 환경적 질병의 원인이 된다.

environmental sensitivity로 고통 받는 사람들은 대개 한 기관에 대해 만성적인 징후를 보이며 이는 다른 기관에 대해 2차적인 영향을 미친다. environmental sensitivity를 조절하기 위해서는 개별적인 특성을 알아보고 직접적으로 어떻게 환경이 개인에게 다른 방법으로 영향을 미치는가를 연구해야 한다. 정의와 진단, 이러한 질병을 다루는 방법, 환경적으로 민감도가 높은 사람들에 대한 연구로 의학적인 논쟁이 이어지고 있다.

4.0 ENVIRONMENTAL CONTAMINANTS

다음에 나오는 부분들은 오염의 다양한 종류와 그 원인들에 대해 기술하고 있다. 오염물질은 크게 4가지로 구분된다.

- 유기화합물
- 무기화합물
- 분진
- 생물학적 오염물질

이 분류는 다음의 연구에서 IAQ평가자들이 정확하게 오염물질을 분류하기 쉽도록 하기 위함이다. 오염물질이 이렇게 분류되었다고 해도 정확히 말하면 대부분의 오염물질은 두개 이상의 종류로 이루어져 있다.

4.0.1 Organic Compounds

유기 화합물은 그 기본적인 분자구조에 carbon-hydrogen bond를 포함한 화학적 화합물을 말하며 석유, 가스, 숯 등을 통해 자연적으로 얻거나 합성을 통해 만들 수 있다. 유기 화합물은 기체(수증기), 액체, 대기, 음식, 물속의 고체 분자의 형태로 존재한다.

4.0.2 Inorganic Compounds

무기화합물은 carbon-hydrogen bond를 포함하지 않은 물질을 말한다. 이들은 이산화탄소, 이산화황, 산화질소, 일산화탄소, 오존, 납, 모래, 금속, 암모니아 등을 포함한다.

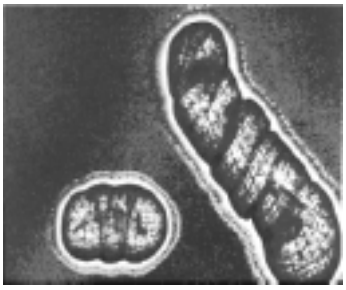
4.0.3 Particulate Matter

미립자는 각각 다양한 물리적, 화학적 특성을 지닌 유기물과 무기물의 복잡한 혼합에 의해 만들어진다. 또한 석면, 먼지, 곰팡이, 꽃가루 등의 물질이 공기동력학경으로 0.005~100㎛의 범주 안에 드는 다양한 물질을 말한다. 미립자는 주변 환경의 원인에 의해 오염되어 호흡성 부유분진에 노출된 인체에 건강상의 위협을 주게 되므로 위험하다. 이런 미립자들은 10㎛미만의 크기이다. 앞서 말했듯이 5㎛보다 작은 미립자들은 호흡기관을 통해 인체로 들어갈 수 있다.

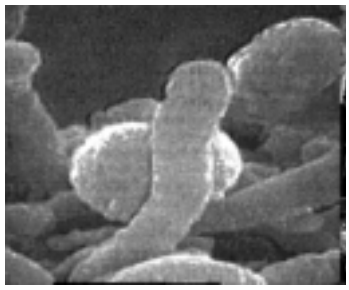
4.0.4 Biological Contaminants

생물학적 오염균은 일반적으로 세균이나 박테리아 등을 말한다. 이들은 다양한 원인에 의해 일상생활에서 발생하는 미세한 입자들이다. 대부분의 생물학적 오염균은 실외에서 발견되지만 실내와 실외환경에서 모두 발생한다. 주변환경에서 나타나는 생물학적 혼합물의 다양성은 헤아릴 수 없을 만큼 많다. 따라서 이에 노출되면 위험하게 된다. 이러한 원인에 의한 오염물질은 다음의 세 가지 형태로 나타나게 된다.

· 바이러스



· 박테리아



· 균

4.1 Sources of Indoor Contaminants

어느 건물에서든지 실내 환경은 대지와 건물 시스템, 시공기술, 건물에 사용된 재료, 실내 오염원, 재실자들 간의 상호작용에 의한 결과이다. 각각의 주제에 관해서는 실 예와 함께 설명할 것이다. 부록의 Table A.1은 일반적인 실내 오염물질들의 특성과 발생원인, 건강에 미치는 영향, 일반적인 법적 기준 등의 윤곽을 잡을 수 있도록 포괄적으로 설명하고 있다.

4.1.1 Site

오염된 실외 환경은 건물 안에서의 공기 질에 부정적인 영향을 끼칠 것이다. 바람에 의해

주변 대지의 오염인자가 실내 건물의 기계적 시스템 속으로 들어간다. 다른 지리적인 요소들도 공기 오염물질을 끌어들여 점차적으로 오염물의 농도가 높아지게 될 것이다. 실외 환경의 질은 다음의 조건들에 의해 평가된다.

· 지리적으로 산이나 강은 바람의 패턴과 국지기후에 영향을 준다.
· 농촌 환경은 다음을 통해 공기 오염에 영향을 끼칠 수 있다.
    · 살충제의 사용
    · 산불
    · 건조한 땅에서 발생하는 먼지
    · 꽃가루와 포자
· 도시 환경은 다음과 같은 공기오염을 일으킬 수 있다.
    · 건물이 밀집한 도시 중심부에서는 부스러기 등을 건물의 통풍구 주변에 침전시킬 위험이 있는 벤트리 효과를 일으킨다.
    · 인접 건물에서의 배기가 건물의 흡입구로 들어올 수 있다.
· 쓰레기 하치장과 가까운 경우
· 건물 주변에서 행해지는 운송사업은 다음의 원인으로부터 발생하는 연소작용에 의해 실외 공기를 오염시킨다.
    · 도로, 주차장, 선착장 등에서 자동차에서 일어나는 연소
    · 기차
    · 항공기
· 산업 활동은 다음과 같은 경우에 공기를 오염시킨다.
    · 정제소
    · 중공업과 경공업
    · 공장
· 토양으로부터 실내로 유입되는 가스
    · 라돈
    · 석유 탱크 주변에서의 누출
    · 매립지, 배터리 저장소등의 사용으로 인한 흙의 오염
· 시공현장 근처(예를 들어 역청을 사용하여 지붕공사를 하는 경우)

4.1.2 Building Systems

냉·난방, 공기조화 시스템(HVAC)은 실내 공기를 깨끗하게 유지하는데 중요한 역할을 한다. 이 시스템은 공기의 속도, 패턴, 재실자가 쾌적함을 느낄 수 있는 실내 온도 등을 조절한다. 그러나 부적절한 HVAC 시스템의 설계와 작동은 IAQ와 재실자의 건강에 나쁜 영향을 끼칠 수 있다. 일반적으로 IAQ에 영향을 주는 부적절한 HVAC는 다음과 같다.

· 외부 오염원이 시스템 안으로 유입될 경우
· 부적절한 침기와 필터(필터의 틈으로 그냥 빠져나온 공기)
· HVAC 시스템의 열악한 관리
· 댐퍼 개구부의 틈으로부터 시스템으로 들어오는 불충분한 실외공기
· 적절치 못한 압력차(부압에 의해 다른 공간으로 오염물질이 유입된다)
· 공급 디퓨저와 리턴 그릴이 제대로 배치되지 못했을 때(서로 너무 가깝거나 다른 사물에 의해 막혔을 때, 혹은 오염공간 근처에 있어 오염물질을 확산시키는 경우)

· 외기가 들어오는 곳과 배기되는 곳이 가깝게 되어 있어 신선하지 못한 공기가 다시 돌아들어오게 되는 경우
· 다음과 같은 장소에 설치된 외기 흡입구
  · 오염 농도가 높은 곳
  · 선착장
  · 쓰레기 하치장
  · 교통량이 많은 곳
  · 동물 서식지
  · 물이 고여 있는 곳
  · 인접 건물의 배기구와 가까이 있을 때
  · 배기후드, 굴뚝, 다른 건물의 배기구에 가까운 장소
  · 노출된 흙이나 식생의 밀도가 높은 장소
  · 바람에 의해 다른 곳으로부터 건물 쪽으로 오염물질이 날아오는 곳
· 배기 그릴이 창문 근처에 있을 때
· 기계실의 열악한 관리
· 고인 물 근처의 가습 시스템과 공조시스템
· 부적절한 공기의 배분
· 그릴, 디퓨저, 덕트 등의 먼지와 기름
· 불균형한 쾌적영역

기계적인 시스템과 관련된 또 다른 IAQ문제 중 하나는 'backdrafting(역류)'이다. backdrafting은 감압을 통해 공간으로 다시 들어오는 연소배기이다. 이 감압은 자연스럽게 연소배기가 굴뚝을 타고 올라가도록 한다.

실내 공간의 부압은 옆가지 방법에 의해 생기게 된다(예를 들어 급기보다 배기가 많은 곳에서의 불균형한 환기 시스템). 또한 배기 후드, 중앙 진공클리너, 부적절한 연소가스, 배기팬, 바람과 연돌효과 등은 모두 건물 안에서의 부압의 원인이 된다.

역류하기 쉬운 요소들은 자연환기와 다음의 연소장치 등에 의해서이다.
· 가정의 온수 탱크
· 천연 가스 보일러
· 연료 연소 아궁이
· 나무 연소 아궁이와 난로

역류가 발생하는 증거는 기계장치 자체에서 발견된다. 이는 굴뚝 바닥 부분에서 charred creosote contaminants의 강화로 구별할 수 있다. 자연환기가 되는 난로에서는 역류가 생기는지 눈으로 알 수 없으나 나무 타는 냄새로 역류의 여부를 판단할 수 있다.

역류는 연소과정에서 다음과 같은 많은 오염물질이 발생하므로 매우 위험하다.
· 일산화탄소
· 이산화탄소
· 산화질소
· 이산화황

· 휘발성 유기화합물(VOC)
· 호흡성 부유분진(RSP)
· 불완전 연소생성물(PIC)

4.1.3 Construction Techniques and Building Materials

건물을 시공하는 방법은 IAQ에 영향을 준다. 재료, 디테일 구성요소, 재료의 설치방법의 선택은 공기의 질에 영향을 미치는데 다름과 같은 시공방법은 실내 공기 질에 문제를 일으킬 수도 있다.

· 고정용 화학성 접착테이프 사용
· 석면의 사용
· hardwood flooring과 콘크리트 바닥의 moisture sealing과 같은 현장바닥마감
· 부적절한 공조시스템에 의한 에너지보존과 기밀성
· 흰개미 등의 해충제거를 위한 살충제의 사용
· 오일로 코팅된 콘크리트 거푸집
· Return Duct로서의 실링공간
· 공사비 절감을 위해 상호간의 오염을 일으킬 수 있음에도 불구하고 건물의 공기 흡입구과 배기구를 가까이 위치하였을 때
· 자재창고에서는 다른 재료로부터 오염원을 흡수할 가능성이 있다.
· 완공되기 이전, 건물 거주자의 이동
· 화학 세제를 이용한 건물 청소
· preserved wood나 particle board같은 화학작용으로 건물에 스며드는 재료의 사용
· 화학합성자재의 사용
· 유성페인트, 락카, 니스 등의 사용
· 건물 재마감 시 오염원이 될 수 있는 납 성분의 들어있는 페인트

건물의 재료는 실내 환경에서 오염원이 될 수 있다. 건축가들은 그들의 재료 선택이 IAQ와 재실자의 건강에 미치는 영향력을 알아야 한다. 표 4.1.3은 일반적으로 건물에 사용되는 재료와 그 재료들이 실내에 방출하는 오염원을 나타내고 있다.

표 4.1.3 BUILDING MATERIALS

BUILDING MATERIAL	POSSIBLE POLLUTANTS
WOOD PRODUCTS	
Particle Board	Urea-and phenol-formaldehyde
Medium Density Fibre Board	Urea-formaldehyde
Plywood	Urea-and phenol-formaldehyde
Chipboard and Oriented Strand Board	Urea-and phenol-formaldehyde
INSULATION	
Batt	Particulate; resins; formaldehyde
Rigid Board	Resins; polystyrene; hydrocarbons; polyurethane
Formed in Place	VOC: Urea-formaldehyde; asbestos; benzene; benzaldehyde; acetaldehyde; cresol; methylnaphthalene; acrolein; anomia; phenol
PAINT	
Solvent-based	Lead; aromatic hydrocarbons; aliphatic; hydrocarbons; VOC
Water-based	Biocital additives; styrene; butylene; acrylics; vinyls

CARPETING	Formaldehyde; VOC; synthetics fibers; nylon; latex rubber; polypropylene; polyester; use of carpet cleaners; carpets trap microorganisms, odours and particulate.
CONCRETE	Particulate, radon.
GYPSUM BOARD	Particulate, radon.
BRICK	Radon.
CAULKING AND SILICON	Synthetic polymers: pentane, hexane, octane, benzene

4.1.4 Indoor Pollutant Sources and building Occupants

건물의 실내 환경은 거주자가 그들만의 환경으로 완전히 만들기 전까지는 완전한 것이 아니다. 실내 마감과 가구 등을 이용한 공간의 개인화는 건물 안에서의 실내 공기 오염의 정도를 높일 것이다. 가구의 배치와 마감은 오염원의 사육장처럼 될 것이며 그 오염원을 실내로 방출하는 장이 될 것이다. 건물의 거주자와 그들의 생활 또한 공기 오염에 한 역할을 하게 되는데 실내 공기 오염에 기여하는 재실자의 행위는 다음과 같다.

· 인간의 행동
  · 요리
  · 흡연
  · 운동
  · 청소와 유지보수 ; 화학약품의 사용, 진공청소기의 사용, 방향제 등
  · 향수, 바디로션, 헤어케어 제품 등의 화장품 종류
· 의복 또한 다른 곳으로부터 오염원을 흡수하는 역할을 한다(해충, 담배냄새, 드라이클리닝 제품).
· 나무로 만든 가구
· 소파나 의자와 같이 섬유나 발포체로 만들어진 가구는 오염물이 서식하는 장소가 된다.
· 섬유 코팅된 스테인리스 제품, 방화제품, 정전기 방지 화학물
· 유성페인트를 칠한 가구에서는 오랜 기간동안 유독가스가 방출된다.
· 가구에 사용된 천
· 비닐 벽지
· 섬유나 발포성 단열재로 만들어진 음향 패널
· 석유를 원료로 한 카펫이나 바닥재
· 카펫의 스팀청소과정
· 용제를 원료로 한 페인트와 락카
· 장비들
  · 복사기 ; 토너를 종이에 방출할 때 오존 발생
  · 팩스 머신
  · 컴퓨터
  · 모터 및 각종 기계류
  · 의복 건조기
· 실내 식재
  · 화분의 흙과 화분받침에서는 미생물이 방출된다.
· 동물과 기생충
· 하수 가스가 올라올 우려가 있는 건조한 트랩

· 썩을 우려가 있는 물
  · 열악한 드레인과 트랩
  · 가습기 팬
  · 응축기 팬
  · 누수 파이프
  · 응축기
  · 지붕 누수
· HVAC 시스템
· 살충제
· 환기가 되지 않는 천장 밑 공간
· 부속 차고

5.0 MITIGATION STRATEGIES FOR HEALTHY INDOOR AIR

건물의 IAQ는 앞서 대략 설명한 여러 가지 것들에 의해 결정된다. 깨끗한 실내 공기를 유지하기 위한 필수적인 방책은 대략 다음과 같다.
· 교육과 문제점의 인식
· 원인 절감
· HVAC와 환기
· 건물의 관리

5.1 Education

설계팀의 리더로서 건강한 IAQ를 만들기 위해서 건축가는 교육자의 역할을 담당해야 하는데 건축주, 자산 관리자, 건물 관리자, 시공자, 자재 공급자를 포함한 모든 참가자들을 교육시켜야 한다. 건축가는 그들에게 IAQ 기준을 맞추기 위한 방법 뿐 아니라 관리의 중요성도 인식시켜야 한다.

건축 프로그램을 정의하기에 앞서 건축가와 건축주는 필요한 실내 공기질의 정도를 대략적으로 알고 있어야 한다. 이 요구도는 재실자에 따라 다르게 나타난다. 예를 들어 병원 수술실에서 요구되는 실내 공기의 기준은 산업용 건물에서의 실내 공기 기준과 현저히 다르게 나타난다.
건축주는 IAQ에 대해 별로 심각하게 고려하지 않기 때문에 깨끗한 실내 공기 환경을 만드는 것은 건축가의 책임이다. 건축주에게 IAQ에 대한 교육을 시키는 것이 최우선이 되어야 하며 쾌적한 실내환경을 만들기 위한 가장 중요한 단계이다.

5.1.1 The Design Team and the Importance of Interdisciplinarity

정의에 의하면 'Interdisciplinarity'는 다른 영역에서 같은 일을 하는 사람을 말한다. 설계와 시공은 이런 뜻에서 Interdisciplinarity한 관계이다. 마찬가지로 쾌적한 IAQ를 만들기 위해서는 team work가 필수적이다. 건축가는 공간의 미학과 시스템 구성 요소 디자인간의 균형을 맞추기 위해 기계/HVAC 기술자와 밀접하게 관계를 맺고 작업을 해야 한다. 또한 실내의 충분한 공기의 흐름과 환기를 보장해야한다. 유독가스를 방출하지 않는 실내 마감재와 가구의 선택은 건축가와 인테리어 디자이너간의 협력적인 노력이 필요하다. 이 두 분야에서 공간과 가구, 화분, 장비의 배치는 공기의 흐름과 환기를 막지 않도록 해야 한다.

5.2 Source Reduction

실내 오염원을 제거하는 것은 쾌적한 IAQ를 만들기 위한 가장 효과적인 방법이다. 이러한 방안은 새로 짓는 건물에 가장 쉽게 적용 가능하며 기존의 건물에서는 실행하기 어렵고 비용도 많이 들게 되므로 다른 방안을 적용하는 것이 적절할 것이다.

오염원을 경감시키는 가장 효과적인 방법은 다음을 통해 가능하다.

· 건물 재료와 마감, 가구의 선택
· 시공 기술

5.2.1 Selection of Building Materials, Finishes and Furnishings

실내 환경에서의 오염정도를 최소화하기 위한 건물 재료와 마감재, 가구의 선택은 재료의 연구와 자재 공급자와의 협의과정을 포함한다. 표 4.1.3은 일반적으로 사용되는 다양한 건물 재료와 그 부정적인 효과에 대해 설명한다. 그러나 청정원료의 사용도 그다지 쉽지는 않다. 자재시장에는 무수히 많은 생산품들이 있으며 모두 이 장에 설명하는 것은 Vital Sign Curriculum Materials Project의 범위 밖의 일이다. 청정원료에 관해서는 David Rousseau의 Environmental By Design을 참조하라.

위의 과정과 마찬가지로 가구의 선택에 대한 연구도 필수적으로 행해져야 가구를 실내에 들일 때 건물의 오염이 없게 된다.

5.2.2 Construction Techniques

프로젝트에 참여하는 모든 사람들에게 시공 기술과 실내 환경을 오염시킬 가능성에 대해 충분히 이해시켜야 한다. 디테일의 방법은 적정 재료의 선택에 대한 노력을 무효화시킬 수도 있다. 예를 들어 세라믹 타일은 유해가스를 내지 않으나 석유화학제품을 원료로 한 본드나 코킹을 사용하게 되면 청정원료의 선택으로 인한 장점이 모두 무산된다.

청정원료의 사용이 불가능하다면 시공방법에서처럼 encapsulation(캡슐화)방법을 사용할 수도 있다. Encapsulation은 실내를 오염시키는 유독가스를 제거하는 기술이다. 예를 들어 무독성 도료로 코팅된 particleboard에서는 포름알데히드가 유출되지 않을 것이다. 이 방법이 효과적이기 위해서는 재료의 모든 면을 캡슐화하는 것이 중요하다. 또한 캡슐화한 표면에 구멍이 나게 되면 오염물질이 방출된다. particleboard를 예로 들면 표면에 구멍이 뚫린 것은 실내에 포름알데히드를 방출한다.

건물 재료와 가구로부터 오염물질의 유출은 물품이 오래될수록 줄어든다. Building bake-out은 재료의 숙성과정을 촉진시키는 방법이다. 이 과정에서 건물이 아직 사용되기 전 며칠동안 환기율을 증가시킴과 동시에 실내 공기의 온도를 높인다. 이 방법은 열에 의해 유독가스의 방출이 증가하게 되는 원리에 바탕을 두고 있다. 그러나 재료와 가구의 유독가스 방출은 곧 다시 시작되기 때문에 이 방법은 일시적인 완화효과밖에 없으므로 효과적인 방법으로 추천할만하지 못하다.

5.3 HVAC and Ventilation Strategies

건물의 쾌적한 실내 공기를 만들기 위해서 HVAC 시스템으로 퀴퀴한 공기를 내보내고 신선하

고 깨끗한 공기로 보충해야 한다. 그러나 간단해 보이지만 항상 그런 것은 아니다. 다양한 기후 지역대에서 HVAC 시스템에 의한 서로 다른 실내 열 환경조건을 요구하게 된다. 이러한 상황에서 공급공기와 회수공기의 비율간의 미묘한 조절에 따라 신선한 공기의 온도와 양이 결정된다.

따라서 깨끗한 공기를 확보하기 위한 몇몇 주요 사항들이 있다. Zone control은 IAQ를 다룰 때 매우 중요하다. 이 방식에 의해 분리된 순환경로로 각기 다른 양의 공기를 공급할 수 있다. 건물 주변부에서는 내부에서 필요한 만큼의 냉난방 부하가 필요하지 않을 것이다.

VAV(variable air volume)시스템은 이런 특별한 경우에 맞춰 고안되었는데 건물 관리자나 사용자가 열쾌적에 맞는 필요 온도를 세팅할 수 있도록 한다. Automatic volume control은 각각의 자동온도조절장치에 연결되어 필요한 공급공기의 양을 조절한다. 이런 종류의 시스템은 사용자의 손이 많이 가게 되는데 예를 들어 재실자가 자동온도조절장치를 조절하지 않게 되면 새로운 공기가 필요 없다고 판단하여 신선한 공기가 공급되지 않을 가능성이 있는 것이다. VAV시스템은 최소한도의 신선한 공기가 항상 공급될 수 있도록 설정되어 있어야 한다.

Cross ventilation이 되도록 하는 디퓨저와 배기 그릴의 배치는 매우 중요하다. 디퓨저와 그릴은 공간의 양쪽 끝에 배치하고 기류를 방해할만한 장애물이 없어야 한다. 실내의 깨끗한 공기를 보장하고 실내로 오염원이 들어오는 것을 막기 위해서 재실자의 요구와 공간배치를 이해하는 철저한 방책이 필요하다.

환기에 의해 요구되는 청정도를 지닌 신선하고 깨끗한 외부 공기가 실내로 들어온다. 강제환기 시스템은 여과, 냉방 또는 난방, 가습이나 감습의 단계를 거쳐 조절된 신선한 공기를 실내로 유입시킨다. 일단 조절된 공기는 청정도 유지를 위해서 오염가능성이 있는 장소에 앞서 가장 깨끗한 장소부터 공급된다.

작업장환기(task ventilation)는 넓은 공간에서 이루어지는 행위나 장비가 실내공기를 오염시킬 우려가 있는 경우에 사용된다. 이 환기 방법은 실내공간으로 순환되기 전에 오염원으로부터 오염물질을 제거하는 것이다. 흡연, 복사, 요리, 저장창고, 화학실험 등의 행위를 포함한 공간에서 사용되어야 한다.
자연환기는 강제환기가 필터를 통해 공기를 들여오는 방식과 달라서 실외 공기가 오염되지 않고 깨끗해야 한다. 이 환기 방식은 건물의 연돌효과와 함께 창문, 문, 지붕의 작은 창 등에서도 적용될 수 있다. 그러나 유입공기가 의도대로 조절되지 않거나 실내 공기 질에 문제를 일으킬 수 있기 때문에 이 방식을 채택하기 전에 정확한 대지분석이 수행되어야 한다.

반드시 고려해야할 또 다른 사항은 배관설계와 배치이다. 깨끗한 배관을 유지하는 것은 깨끗한 HVAC 시스템을 통해 깨끗한 공기를 실내에 보내는 것과 관련이 있다. 수많은 미세먼지들이 배관에 쌓여 세균번식을 하기 때문에 배관을 정기적으로 청소해야 급기를 통해 오염물질이 실내에 유입될 위험을 줄일 수 있다.

주 HVAC 시스템은 우선적으로 열 획득과 손실을 조절하도록 디자인 된다. 많은 양의 배기를 필요로 하는 건물일 경우(대개 공장이나 집회를 갖는 건물의 경우) 보충공기 시스템(make up air system)이 적합하다. 보충공기 시스템은 배기를 따뜻하거나 시원하고 신선한 공기로 대체

하는 것이다. 이 시스템은 배기와 같은 양의 공기를 공급해줄 수 있어야 압력 차를 방지할 수 있다. 최적의 작동을 위해서 이 시스템은 주 공조 시스템 가까이에 있어야 한다.

5.3.1 Air Filers

깨끗한 IAQ 유지를 위해서 효과적인 여과시스템이 동반되어야 한다. 어떻게 여과 시스템을 조정해야 하는지를 이해해야 정확한 공기의 필요 청정도를 계획할 수 있다. 또한 적절한 필터를 기록해두는 것이 중요하다. 특히 30%이상의 효율을 갖는 경우에는 압력을 증가시켜 HVAC 시스템에 문제를 일으킬 수 있다. 기본적으로 세 가지 타입의 필터가 있다; impingement, electronic, adsorption

Impingement와 electronic air filter는 공기중의 먼지를 제거하기 위해 사용되는데 반해 adsorption타입의 필터는 흡착을 통해 공기중의 가스를 제거하기 위해 사용된다. 재실자들이 실내 공기 오염에 민감하게 반응하는 경우에는 가능하면 연소방지 물질로 코팅되지 않은 것을 사용해야 한다. 연소방지를 위해 사용되는 화학물은 공기중에 포함되어 건물 전체에 분포할 수 있기 때문이다.

Impingement와 electronic air filter의 다양성은 다음과 같다.

· Dry Panel Filers - 건조한 섬유조직으로 만들어 진 것으로 대기중의 먼지에 대해 5~30%의 효율을 갖는다.

· Viscous Panel Filters - 오일 코팅된 섬유로 만들어진 것으로 대기중의 먼지에 대해 10~35%의 효율을 갖는다.(오일에 의해 기류에 오염물질을 유출할 가능성이 있으므로 추천할 만하지 못함)

· Extended-surface (dry) Filters - 주름잡힌 타입의 매개물로 보통 셀룰로오스, bonded glass, 울 펠트, 합성섬유 등으로 만들어졌으며 효율은 RSPrange로 20~95%이다.

· High Efficiency Particulate Air Filter(HEPA) - extended surface 타입의 필터로 효율은 RSPrange로 99.7%이다.

· Bag Filters - 주머니 타입의 필터로 효율은 HEPA필터와 비슷하다.

· Electronic Filters - 공기중의 분자에 양전하를 가해 음전하판에 달라붙게 함으로서 먼지를 제거하는 필터로 효율은 80~98%이다. 필터가 더러워지면 효율이 급격하게 감소하므로 한달에 한번씩 청소해 주어야 하며 오존을 발생하므로 그 자체로 공기를 오염시킨다.

· Charged Media Filters - 전기전하로 유리섬유, 셀룰로오스 등의 섬유재료를 사용하며 효율은 dry panel filter와 비슷하다.

Adsorption 필터는 공기 중의 여러 유해 가스를 활성 탄소를 이용하여 흡착한다. Adsorption 타입 필터의 효율은 가공하지 않은 재료의 사용과 그 처리 과정에 달려있다. 다양한 재료가 활성탄소로 쓰이는데 일반적으로 숯, 토탄, 코코넛, 나무 등을 사용한다. 가스를 흡착하는 능력은 흡수구멍의 사이즈와 재료가 활성화하는 과정에 달려있다. 증기 활성과정은 물질을 탄화시켜 높은 온도의 증기에 노출시킴으로서 세공구조를 확장시키는 것이다. 증기활성과정은 재료의 구멍 사이즈를 변화시켜 탄소가 각각 다른 목적에 적합하도록 한다. 다른 활성과정은 화학주입에 의한 것이다. 이 방식에서 주입된 활성탄소는 화학반응과 활성탄소만으로는 흡착하기 어려운 경량의 가스를 제거하기 위한 흡착의 결합효과를 갖게 된다. 예를 들어 포름알데히

드 가스를 제거하기 위해서는 화학물질을 주입한 탄소를 사용해야 한다. 그러나 화학물 주입에 의한 탄소의 활성화는 화학오염물질을 공기중에 방출할 우려가 있다. 이런 종류 필터의 복잡성과 다양성에 따라 필터의 사용에 앞서 전문가와 상의할 필요가 있다.

확실한 IAQ 확보를 위해서 공기중의 모든 오염물질을 제거하기 위한 여러 타입의 필터의 조합이 필요하다. 그러나 이런 경우에 필터에 의해 증가하는 압력을 상쇄시키기 위해 보조팬이 필요하게 된다. 또한 필터를 적절히 배치하고 고정시켜야 공기의 by-passing을 방지할 수 있다.

5.4 Building Maintenance

건물 위생의 관리는 건강한 실내 공기를 유지하는데 매우 중요하다. 규칙적인 청소로 먼지가 쌓이는 것을 방지한다. 그러나 청소 용구들이 실내 공기 오염을 일으킬 수 있는데 특히 화학물질이나 용제로 만들어진 것에 의해서이다. 가능한 곳에서는 무독성의 청소방법을 사용하는 것이 필요하다 또한 건물 유지활동의 스케줄은 건물을 사용하지 않는 시간에 실행되어야 한다. 예를 들어 다음날 건물 사용자들이 도착하기 전에 미리 저녁에 청소를 하는 것이 건물의 모든 오염물질을 없애는데 유리하다.

HVAC시스템의 관리는 상당히 중요한데 HVAC시스템의 관리를 제대로 하지 못하면 재실자의 불쾌감이나 질병을 초래할 수 있다. 자동차 엔진의 관리와 마찬가지로 HVAC시스템 역시 정기적으로 예방하는 관리를 해야 한다. Air Filter역시 정기적으로 체크해야 하며 Filter를 교환할 때는 다른 구성요소들도 면밀히 살펴보고 실내공기에 영향을 미칠 수 있는 문제요소들을 모두 제거해야 한다. 가습 시스템을 사용할 때에는 물, 드레인, 물받이 등에 물이 고여 썩지 않도록 유지해야 한다.

5.4.1 Vacuuming

건물 위생의 유지는 필수적이지만 장비를 사용하기 때문에 역시 공기오염에 영향을 미칠 수 있다. 그 한 예로 이동이 가능한 진공시스템은 공기중 부유분진의 문제를 일으킬 수 있다. 이런 종류의 진공시스템은 인체에 그리 위협적이지 않은 큰 입자들만을 빨아들이기 때문에 인체에 훨씬 유해한 작은 분자들은 그대로 빠져나가 공기중에 머물게 된다. 밖으로 먼지를 내보낼 수 있는 중앙 진공 시스템(central vacuum system)이 최선책이다.

6.0 결론

이러한 Vital Signs Resource Package의 목적은 건축을 공부하는 학생들에게 I.A.Q에 관련된 주제를 소개하기 위해서이다. 건물환경에서의 건강상태는 복잡한 문제이다. 건물은 설계하고 시공하는 동안에 수많은 다른 문제들을 조정해야 한다. 건축가들은 그들이 선택한 건축자재, 마감재, 가구들을 통해 실내 환경의 질을 개선하는 것으로 적절히 계획하는 것이 건물의 HAVC 시스템을 설계하는 만큼 중요하다.

이 Resource Package가 공기의 질에 관련된 주제들을 명백히 하고 현장에서의 실내공기질을 조사하고 탐구하는 것으로 더 나아가 새로운 지표를 제공하기를 희망한다. 이러한 Resource Package는 실내공기질의 기본들과 조사방법들을 제시해 주고 있다. 이러한 Package는 건축을 공부하는 사람들에게 그들의 미래에 건강한 실내의 환경을 설계하는데 기초적인 토대를 제공할 수 있다.

7.0 용어정리

Absorption (흡수) - 하나의 물체가 또 다른 구조물의 내부로 들어가는 과정.
Acrylic (아크릴) - 아크릴산(acrylic acid)의 중합체로써 이루어지는 합성수지의 총칭.
Acute symptoms (급성징후) - 심한 징후들이 짧은 시간동안이상, 짧은 기간동안 노출된 후에 바로 발생하는 하는 것.
Absorption (흡수) - 액체, 유용성 물질 또는 가스들을 응축하고 분자의 표면에 고체들이 부착될 때.
Aero-dynamic diameter (공기역학적 직경) - 공기역학적 직경; 움직임이 없는 정체된 공기 중 실제의 분진과 같은 속도로 떨어지면, 단위밀도를 갖는 구형입자의 직경
Aerosol (연무체) - 매연, 안개, 연무같이 가스내에 미세한 고체 혹은 액체입자가 분산된 것.
Aliphatic (지방성 화합물) - 분자 내의 탄소원자가 고리 모양의 구조를 가지지않은 유기화합물의 총칭.
Allergen (알레르겐) - 알레르기성질환의 원인이 되는 항원
Allergy (알레르기) - 특별한 음식, 미립자, 자극물 등에 항상 민감한 반응을 보이는 것.
ALTER - 캐나다의 건강과 복지에 의해서 Acceptable long-term exposure range가 설명되어졌다.
Alveoli - 치조
Ambient air - 외기
Anemia (빈혈증) - 혈액 중에서 적혈구(赤血球) 수 또는 혈색소(血色素:헤모글로빈) 양이 건강한 사람의 수량보다 감소되어 있는상태.
Anemometer (풍속계) - 공기의 속도를 측정하는 장치.
Antigen (항원) - 생체 내에 투여하면이것에 대응하는 항체(抗體)를 혈청 속에 생성시켜 생체 내에서나 시험관 내에서 그항체와 특이적으로 반응하는 성질을 가지는 물질.
Aromatic (방향족 화합물) - 벤젠핵(核)을 갖는 탄소환식 화합물을 말한다. 벤젠, 나프탈렌, 안트라센 등의 방향족 탄화수소와 그 유도체를 포괄하는 유기화합물의 한 무리 이것은 어느 것이나 방향족성을 나타낸다.
벤젠핵을 갖지 않으나 방향족성을 나타내는 화합물은 비벤제노이드 방향족 화합물이라 호칭된다.
Arthralgia - 관절통
ASHRAE - 미국공조학회
ASTER - 캐나다의 건강과 복지에 의해서 Acceptable short-term exposure range기 설명되어졌다.
Asthma (천식) - 주기적으로 일어나는 호흡곤란
Atmospheric Dust Spot Efficiency Test - 대기먼지농도시험은 주로 공기 청정기의 중간 효율비율을 사용하고 깨끗한 종이를 목표로 더러워진 상태를 줄이기 위한 필터의 능력을 기본으로 한다.
BTU - 영국 열량 단위
Carcinogen (발암물질) - 암을 유발시키는 물질.
CFM - Cubic feet per minute ft^3/min
Chronic symptoms (만성증상) - 오랜 기간동안 지속되는 증상.

Cilia - 섬모
CMHC - Canada Mortgage and Housing
Commissioning - 설명서에 지시한대로 HAVC시스템의 운전을 검증하고 작성하는 과정.
conjunctiva - 결막
creosote - 크레오소트. 목타르(특히 너도밤나무에서 얻는 목타르)를 증류하여 물보다 무거운 유분을 정제한 것.
CSA - Canadian Standards Association 캐나다 표준협회.
Dampers (댐퍼) - 송풍 환기 계통 등에서 덕트의 단면적에 변화를 주어 공기류를 조절하는 장치
Dermatitis - 피부염
Diffusers and grilles - 디퓨져는 공기를 공급하는 것이고 그릴은 공기를 되돌리는 것이다.
Dyspnea - 호흡곤란
Edema (부종) - 신체조직의 틈 사이에 조직액이 괸 상태.
Efflorescence - 모르타르나 콘크리트 표면에 스며나와서 결정(結晶)한 백색의 부드러운 물질. 백태(白苔) 또는 풍해(風解)라고도 한다. 콘크리트 속의 수산화석회가 물에 녹아서 스며나와 탄산화하고, 이것이 건조하면 백색 결정이 된다. 에플로레센스가 생기기 쉬운 온도 · 습도 ·일조(日照)조건은 복잡해서 완전히 해명되지 않았으나, 습도가 높은 응달 부분에 많이 생긴다. 품질이 나쁜 다공질 콘크리트나 탄산화하기 쉬운 조건이있으면 많이 생기는 경향이 있다.
Emphysema(폐기종) - 폐포(肺胞)가 현저하게 확장하여 폐포 내의 함기량이 증가한 상태.
EPA - Environmental Protection Agency 미환경 보호청
Epistaxis(비출혈) - 비강점막(鼻腔粘膜)으로부터의 출혈
Erythema(홍반) - 피부가 국한성으로홍색을 띠는 일
Exfiltration - 외부로 공기를 누출시키는 것. 밖으로 여과시키는 것.
Exhaust air (배기) - 건물 안에 넓은 공간에서 배출하거나 방으로부터 공기를 제거하는 것.
Fungi(균류) - 엽록소 결핍의 진핵세포의 유기체이며 단단한 세포벽인 균사에 의한 형태이다.
HEPA - High Efficiency particulate absolute filter. 고효율 필터
Hypersensitivity(과민증) - 알레르기 반응과 유사하다. 자극에 대한 감수성이 이상 항진된 상태.
Infiltration(침기) - 공기가 내부로 들러오는 것.
Inversion (전도) - 물질 이동을 수반 없이 고온부에서 이것과 접하고 있는 저온부로 열이 전달되는 현상.
Ischemia (국소빈혈) - 신체의 일부분에 피의 공급이 줄어드는 상태.
Make-up air (보충공기) - 배기된 공기량만큼을 보충하기위해 실내로 도입한 공기.
Malaise - 무기력, 침체
Micrometer (마이크로미터) - 정확한 피치를 가진 나사를 이용한 길이 측정기. 100만분의 1 미터와 같은 길이 단위. 10^{-4}센티미터, 또는 대략 1/25,000 인치이다.

Myalgia - 근육통
NAAQS - 대기허용농도기준. EPA기준

NRC - 미 국가 조사위원회
Outgassing - 고체물질에서 발생한 증발의 형태. 물질의 구조내에서 완벽하게 안정되지 않은 화합물질을 천천히 떼어 놓는 것.
Pathogen (병원체) - 감염증을 일으키는 기생생물.
Pharyngitis(인두염) - 인두에 염증이 생겨 발갛게 붓는 병.
Pharynx(인두) - 구강과 식도 사이에있는 소화관의 일부 비강(鼻腔)과 후두(喉頭) 사이에 있으며 호흡도(呼吸道)를 겸하고 있다.
Photo-chemical oxidants (광화학적 산화제) - 오염대기의 광화학반응으로 생기는 산화성 물질의 총칭. 오염대기 중의 NO_2, 탄화수소류 및 대기 중의 산소로부터 태양광선의 작용에 의한 복잡한 광화학반응에 의해서 공기를 오염시킨다.
PIC - 불완전연소 생성물.
Pneumonitis (폐렴) - 폐에 생기는 염증.
Pulmonary - 폐질환
Recirculated air - 재순환된 공기.
Return air - 실내를 순환한 뒤 다시 팬으로 들어간 공기.
Rhinitis(비염) - 비점막이 충혈 ·종창(腫脹)하고, 장액성(漿液性)의 삼출액을 분비하는 비강의 염증
RSP - Respirable Suspended Particles(호흡할수 있는 부유입자)는 크기가 10㎛ 이하로 정의한다.
Seasonal Affective Disorder (SAD) - 계절성 우울증. 가을이나 겨울철에 일조시간이 짧은 것처럼 우울증과 무기력증이 나타나는 증상
Sensitization(감작) - 항원을 생체에 투여하여 항체를 보유시키는 일. 생체 내에 이종 항원을 주사 또는 경구적으로 투여한 후 일정 시간 후에 다시같은 항원을 투여하면 아나필락시(anaphilaxis)가 일어나는데, 이 때 처음 투여된 항원에대해 생체가 과민성을 나타내었다고 생각되기 때문에 그 전처치(前處置)를 '감작한다'고 말한다. 다시 항원과 항체를 결합시킨 경우에도 감작혈구 ·감작백신등으로 부른다. 생물학에서는 광의로 생체에 어떤 호르몬을 투여하거나 특정 신경을 절단하는 등의 실험적 조작으로 반응성을 증대시키는 것을 말하며, 특정 자극에 대한고유의 반응성을 바꾸는 경우에 사용된다. 특히 개체의 과민성을 제거하는 것을 탈감작이라 하며, 혈청병과 알레르기성 질환에 대해서 탈감작요법을 시행하고 있다. 알레르기의 탈감작된 상태를 양성알레르기라고 한다.
Short-circulting - 단락
Spectroscopy(분광학) - 물질에 의한 빛의 흡수 ·복사를 분광계 ·분광광도계 등을 써서 스펙트럼으로 나누어 측정 ·해석(解析)해서 그 물질의 에너지준위나 구조, 전이확률(轉移確率), 온도 등을 연구하는 광학의 한 분야.
Spore(포자) - 포자식물의 무성적인 생식세포
Supply air (급기) - 공급되는 공기. 공조시스템을 거쳐 실내로 공급되는 공기.
Thermal comfort (열쾌적) - 열적환경에 따라 이루어진 개인적인 시각의 차이와 관계되는 것.
Thermal environment (열적환경) - 사람의 열손실이 반응하는 (온도나 물의 증발에 의해서)환경이 다양하게 포함된 것.
Threshold limit value (TLV) - 인체허용농도. 하루에 8시간 노출되는 것을 가정으로 시간에

대한 중량의 농도를 나타낸다.
Trachea (기관) - 후두(喉頭)에서 폐로 통하는 관 모양의 기도(氣道).
Toxicity - 유독성
WHO - World Health Organization 세계보건기구.

8.0 참고문헌

BOWER, JOHN. THE HEALTHY HOUSE, NEW YORK: CAROL COMMUNICATIONS,1989.

This reference details issues such as: How to find, buy or build ahealthy house; How to "cure" a sick house; Why materials are toxic. It also provides a description of indoor air contaminants, and alternative building techniques.

CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION

This association has a number of relevant publications, including:
CSA 2204-94 Guidelines for Managing Indoor Air Quality in Office Buildings: Occupational Health and Safety, June 1994.

DUNLOP, MARILYN. BODY DEFENSES, TORONTO: IRWIN PUBLISHERS, CO., 1987.

This document describes the immune system and how it can work both for and against the body. The role of stress in the immune system, and system malfunctions are described. This reference also provides information regarding current research in the field.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, U.S. ; INDOOR AIR DIVISION (6607J),OFFICE OF AIR AND RADIATION, 401 M STREET, S.W., WASHINGTON, D.C., 20460

This agency has a variety of informative and exceptional publications covering a wide range of issues concerning indoor air quality, such as:
Building Indoor Air Quality: A Guide for Facility Managers,
Indoor Air Pollution: An Introduction for Health Professionals,
The Inside Story: A Guide to Indoor Air Quality, Sept. 1993,
Residential Air Cleaning Devices, Feb. 1990,
Indoor Air Quality in Public Buildings, Volume I and II, Sep. 1988,
Ventilation in Office Buildings, July 1990,
Carpet and Indoor Air Quality, October 1992.

GODISH, THAD. INDOOR AIR POLLUTION CONTROL, MICHIGAN: LEWIS PUBLISHERS, INC., 1989.

A valuable book to a wide audience, which includes: clinical ecologists, architects,

consultants, public health professionals and environmental professionals. It defines indoor air pollution in terms of the scope, sources and the health effects of many contaminants, such as asbestos, combustion pollutants, radon, formaldehyde, volatile organic compounds, pesticides and biogenic particles. Each topic is the discussed in great length and includes details on mitigation practices. This book references regulatory policies and standards within the United States. Godish provides useful diagnostic procedures for indoor air quality investigations and mitigation practices.

HANSEN, DOAN J, EDITOR. THE WORK ENVIRONMENT, VOLUME THREE: INDOOR HEALTH HAZARDS, BOCA RATON: LEWIS PUBLISHERS,1994.

This book focuses on health problems associated with indoor contaminants in the workplace. It provides a detailed summary for conducting indoor air quality investigations within the work environment.

HARRIS, MARJORIE. BETTER HOUSE AND PLANET, TORONTO: KEY PORTER BOOKS, 1991.

This book is in the form of an alphabetical dictionary from adhesives to zippers, providing over 500 tips for healthy housekeeping.

KAY, JACK G., GEORGE E. KELLER AND JAY F. MILLER. INDOOR AIR POLLUTION: RADON, BIOAEROSOLS AND VOC'S, CHELSEA, MICHIGAN: LEWIS PUBLISHERS, 1991.

Focuses specifically on the contaminants of radon, bioaerosols and VOC's, with brief information on other contaminants.

LESLIE, G.B. AND F.W. LUNAU. INDOOR AIR POLLUTION: PROBLEMS AND PRIORITIES, CAMBRIDGE: CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, 1992.

This book addresses the common pollutants in the indoor environment, their health symptoms, control measures and regulatory guidelines.

LINIES, LTD. CMHC GUIDE TO VENTILATION SYSTEMS, OTTAWA: CANADA MORTGAGE AND HOUSING CORPORATION, MARCH 1988.

This publication discusses ventilation systems in the home with respect to their potential to remove concentrations of air pollutants. It describes ventilation problems during the winter months, indicating that indoor pollutant concentrations are at their highest during this time of year. This reference provides a detailed explanation of various ventilation systems: exhaust systems; supply air systems; and balanced supply and exhaust.

MATHEWS, BONNYE L. CHEMICAL SENSITIVITY, JEFFERSON, NORTH CAROLINA: MCFARLAND AND COMPANY, INC., PUBLISHERS, 1992.

Mathews has recovered from chemical sensitivity. This book describes the illness, what it is like to suffer from this disease and provides a guide for the patient as to how to cope with hypersensitivity, sick building syndrome and other environmental illnesses.

MEYER, BEAT. INDOOR AIR QUALITY, MASSACHUSETTS: ADDISON-WESLEY PUBLISHINGS COMPANY INC., 1983.

This reference serves as a detailed scientific report of air quality, including air impurities / monitoring/analysis; exposure levels and effects; control measures; and legislation.

OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT WORK FORCE. REPRODUCTIVE HAZARDS IN THE WORKPLACE, PHILADELPHIA: SCIENCE INFORMATION RESOURCE CENTER, J.B. LIPPINCOTT COMPANY, 1988.

This reference provides a detailed report of reproductive health hazards, both for men and women. The focus for this document is the workplace. Reproductive health is to be safeguarded for the health of future generations, and for individual well-being. A discussion of these issues occurs at a biological level, as well at a human rights and government legislative level.

PILATOWICZ, GRAZYNA. ECO-INTERIORS, NEW YORK: JOHN WILEY AND SONS, 1995.
This book covers a wide range of environmental issues, including a discussion of indoor air quality. This reference is useful for the selection of non-toxic interior finishes and furnishings.

REA, WILLIAM J. CHEMICAL SENSITIVITY, VOLUME 1. BOCA RATON: LEWIS PUBLISHERS, 1992.
This is the first volume in a four volume set on chemical sensitivity. It deals with the nature of the illness, diagnosis, and treatment from the perspective of Dr. Rea of the Environmental Health Center in Dallas, Texas. This reference emphasizes the effect of environmental poll ution of the human body, through a variety of case studies. It adopts a medical perspective of the subject.

REA, WILLIAM J. CHEMICAL SENSITIVITY, VOLUME 2. BOCA RATON: LEWIS PUBLISHERS, 1994.

The second volumes deals with sources of total body load. It identifies various pollutants, their impact on the total body load, and how the body deals with these pollutants while attempting to maintain homeostasis. Awaiting Volumes 3 and 4.

ROGERS, SHERRY. THE ENVIRONMENTAL ILLNESS SYNDROME: A PRESCRIPTION FOR ENVIRONMENTAL ILLNESS, NEW YORK: PRESTIGE PUBLISHING, 1986.

Rogers is a doctor who has recovered from environmental illness. The focus of this book

is on maintaining optimum health, specifically the immune system, and preventing disease, through food allergies and rotation diet.

ROUSSEAU, DAVID WITH W.J. REA AND JEAN ENWRIGHT. YOUR HOME, YOUR HEALTH AND WELL-BEING, VANCOUVER: CLOUDBURST PRESS BOOKS, HARTLEY AND MARKS PUBLISHERS, 1988. This book covers an introduction to outdoor and indoor pollutants within a home or apartment. It provides design ideas and detailed diagrams for construction. Enwright provides advice for living with environmental illness.

ROUSSEAU, DAVID. ENVIRONMENTAL BY DESIGN, POINT ROBERTS, WASHINGTON: H & M PUBLISHERS, 1992.

An excellent reference for the selection of non-toxic building materials. It examines tradition materials, and assesses numerous of products currently on the market.

RYLANDER, RAGNAR AND ROBERT JACOBS. ORGANIC DUSTS: EXPOSURE, EFFECTS AND PREVENTION, BOCA RATON: LEWIS PUBLISHERS, 1994.

This book discusses organic compounds and their effects on human health. It details the sources, composition and prevention measures.

SAMET, JONATHAN AND JOHN SPENGLER, EDITORS. INDOOR AIR POLLUTION: A HEALTH PERSPECTIVE, BALTIMORE: THE JOHN HOPKINS UNIVERSITY PRESS, 1991.

An excellent course textbook. It examines indoor air pollutants and assesses their health effects, as well as providing regulations on the various contaminants. It discusses current research issues, from a variety of contributors, including: epidemiologists, clinicians, risk assessors, microbiologists and engineers.

TATE, NICHOLAS. THE SICK BUILDING SYNDROME, FAR HILLS, NEW JERSEY: NEW HORIZON PRESS, 1994.

A good, introductory reference. Covers issues and key factors of sick building syndrome both within home and work environments. Provides case examples of sick buildings. Awaiting final publication.

REFERENCES (IN ADDITION TO THE BIBLIOGRAPHY)

ASHRAE HANDBOOK OF FUNDAMENTALS.

PARMLEY, ROBERT O. HVAC FIELD MANUAL, NEW YORK: MCGRAW-HILL BOOK COMPANY, 1988.

RAPP, DORIS. ALLERGIES AND THE HYPERACTIVE CHILD, NEW YORK: SIMON AND SCHUSTER, INC., 1985.

STEIN, BENJAMIN AND J.S. REYNOLDS. MECHANICAL AND ELECTRICAL EQUIPMENT FOR BUILDINGS, 8TH EDITION, NEW YORK: JOHN WILEY AND SONS, 1992.
WORLD HEALTH ORGANIZATION (1946) FROM THE PREAMBLE TO THE CONSTITUTION OF WORLD HEALTH ORGANIZATION, ADOPTED 22 JULY 1946. IN T.L. BEAUCHAMP AND L. WALTERS (EDS) CONTEMPORARY ISSUES IN BIOETHICS, THIRD EDITION, BELMONT CA: WADSWORTH PUBLISHING.